



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**  
**ΤΜΗΜΑ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**  
**ΠΜΣ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ**  
**Κατεύθυνση: Τραπεζική και Χρηματοοικονομική**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Τίτλος : «Ποσοτική χαλάρωση και μεταβλητότητα  
αποδόσεων στις αγορές»**

**Λάζαρος Φωτίου Ζωγραφόπουλος**

**Επιβλέπων : Αναπλ. Καθηγητής Στέφανος Παπαδάμου**

**Βόλος 2019**

## Υπεύθυνη Δήλωση

Βεβαιώνω ότι είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της, είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στη διπλωματική εργασία. Επίσης έχω αναφέρει τις όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε αυτές αναφέρονται ακριβώς είτε παραφρασμένες. Επίσης βεβαιώνω ότι αυτή η πτυχιακή εργασία προετοιμάστηκε από εμένα προσωπικά ειδικά για τις απαιτήσεις του προγράμματος μεταπτυχιακών σπουδών στην Εφαρμοσμένη Οικονομική του Τμήματος Οικονομικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Ο Δηλών

Λάζαρος Ζωγραφόπουλος

Βόλος, Μάιος 2019

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Με την ολοκλήρωση της μεταπτυχιακής μου διατριβής θα ήθελα να ευχαριστήσω όσους συνέβαλαν στην εκπόνησή της.

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Στέφανο Παπαδάμου για τις πολύτιμες επιστημονικές γνώσεις που μου μετέδωσε, την καθοδήγησή του και την πολύπλευρη υποστήριξή του. Επίσης, εκτιμώ βαθύτατα το γεγονός ότι στα πλαίσια των συναντήσεών μας ήταν πάντα πρόθυμος να συζητήσουμε και ευρύτερους επιστημονικούς μου προβληματισμούς και με βοήθησε με τον πιο εποικοδομητικό τρόπο σ' αυτούς, δίνοντας μου, παράλληλα, έμπνευση για περαιτέρω ερευνητικές αναζητήσεις.

Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω την μητέρα μου και τον αδερφό μου για την απεριόριστη στήριξή τους και σ' αυτό το στάδιο της ζωής μου. Χωρίς τη συμπαράστασή τους και τις δυνάμεις που αντλώ καθημερινά απ' τους ίδιους, δε θα ήταν εφικτή η πραγματοποίηση των σπουδών μου.

*Στον πατέρα μου,  
που θα ήταν περήφανος ...  
Στην μητέρα και στον αδερφό μου,  
που είναι ό,τι πολυτιμότερο έχω.*

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Πίνακας Περιεχομένων .....</b>   | <b>4</b>  |
| Περίληψη .....  | 6         |
| Abstract .....  | 7         |
| <b>Εισαγωγή .....</b>   | <b>8</b>  |
| <b>Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup>: Ποσοτική Χαλάρωση και Αγορές .....</b>   | <b>10</b> |
| 1.1. Μια εισαγωγή στα μη συμβατικά μέτρα νομισματικής πολιτικής .....   | 10        |
| 1.1.1. Οι βασικές λειτουργίες της Κεντρικής Τράπεζας και τα συμβατικά μέτρα νομισματικής πολιτικής .....              | 10        |
| 1.1.2. Τα μη συμβατικά μέτρα νομισματικής πολιτικής των Κεντρικών Τραπεζών .....                                      | 12        |
| 1.1.2.1. Μηχανισμοί μετάδοσης των μη συμβατικών μέτρων της νομισματικής πολιτικής .....                               | 14        |
| 1.1.2.2. Χρηματοοικονομική κρίση του 2007-2009 και τα προγράμματα Ποσοτικής Χαλάρωσης των Fed, ECB, BoE και BoJ ..... | 15        |
| 1.2. Προηγούμενες εμπειρικές μελέτες της επίδρασης των μέτρων Ποσοτικής Χαλάρωσης στις αγορές .....                   | 21        |
| 1.2.1. Σκοπός και ερευνητικά ερωτήματα της μελέτης .....  | 23        |
| <b>Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>: Η υποδειγματοποίηση του κινδύνου και η διαχείρισή του .....</b>                            | <b>25</b> |
| 2.1. Η έννοια της χρονολογικής σειράς .....   | 25        |
| 2.2. Μεταβλητότητα χρονολογικών σειρών .....  | 26        |
| 2.2.1. Μονομεταβλητά (G)ARCH υποδείγματα .....  | 28        |
| 2.2.2. Πολυμεταβλητά υποδείγματα GARCH .....  | 34        |
| 2.3. Αντιστάθμιση κινδύνου και χαρτοφυλάκια ελάχιστης διακύμανσης .....   | 42        |
| 2.3.1. Αντιστάθμιση κινδύνου .....  | 42        |
| 2.3.2. Χαρτοφυλάκια ελάχιστης διακύμανσης .....   | 43        |
| <b>Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup>: Δεδομένα Και Εμπειρική Μεθοδολογία .....</b>   | <b>45</b> |
| 3.1. Δεδομένα .....   | 45        |
| 3.1.1. Υπολογισμός αποδόσεων των συναλλαγματικών ισοτιμιών .....  | 45        |
| 3.1.2. Οι ψευδομεταβλητές της έρευνας.....  | 47        |
| 3.1.3. Ερευνητική Ανάλυση Δεδομένων .....   | 47        |
| 3.2. Μεθοδολογία .....  | 54        |

|  |            |
|--|------------|
| 3.2.1. Έλεγχος στασιμότητας στοχαστικής διαδικασίας .....  | 54         |
| 3.2.2. Διαγνωστικοί έλεγχοι στα κατάλοιπα .....  | 58         |
| 3.2.2.1. EUR/USD, GPU/USD και JPY/USD αποδόσεις – Μονομεταβλητός<br>Διαγνωστικός Έλεγχος .....   | 58         |
| 3.2.2.2. EUR/USD, GPU/USD και JPY/USD αποδόσεις – Πολυμεταβλητός<br>Διαγνωστικός Έλεγχος .....   | 61         |
| 3.2.3. Από τα Multivariate GARCH υποδείγματα στη δυναμική αντιστάθμιση κινδύνου<br>και τα χαρτοφυλάκια ελάχιστης διακύμανσης .....     | 62         |
| 3.2.3.1 Η εξειδίκευση του υποδείγματος .....   | 62         |
| 3.2.3.2 Δυναμική αντιστάθμιση κινδύνου και κατασκευή χαρτοφυλακίων ελάχιστης<br>διακύμανσης με χρονικά μεταβαλλόμενες σταθμίσεις ..... | 64         |
| <b>Κεφάλαιο 4ο: Εμπειρικά Αποτελέσματα Και Συζήτηση .....</b>  | <b>67</b>  |
| 4.1. Στασιμότητα των συναλλαγματικών αποδόσεων .....   | 67         |
| 4.2. Εξισώσεις των μέσων και διαγνωστικοί έλεγχοι στα κατάλοιπα και τα τετράγωνα τους .....  | 71         |
| 4.3 Επιλογή πολυμεταβλητής (Multivariate) GARCH υποδειγματοποίησης και ερμηνεία<br>συντελεστών .....                                   | 77         |
| 4.4 Ποσοτική Χαλάρωση της Fed και μεταβλητότητα των συναλλαγματικών αποδόσεων .....  | 84         |
| 4.4.1. Διεθνείς επιδράσεις .....   | 87         |
| 4.4.2. QE1, QE2, OPERATION TWIST, QE3: Προσδιορισμός της επίδρασης στη<br>μεταβλητότητα .....  | 88         |
| 4.5. Αντιστάθμιση Κινδύνου και Χαρτοφυλάκια Ελάχιστης Διακύμανσης .....  | 92         |
| 4.5.1. Δυναμική αντιστάθμιση κινδύνου .....  | 93         |
| 4.5.2 Χαρτοφυλάκια ελάχιστης διακύμανσης με χρονικά μεταβαλλόμενες σταθμίσεις.....   | 97         |
| <b>Κεφάλαιο 5ο: Συμπεράσματα.....</b>  | <b>102</b> |
| 5.1 Περιορισμοί της παρούσας ανάλυσης και προτάσεις για περαιτέρω έρευνα .....   | 104        |
| <b>Βιβλιογραφία .....</b>  | <b>105</b> |
| <b>Παράρτημα .....</b>   | <b>113</b> |

## Περίληψη

Με τα βραχυπρόθεσμα επιτόκια να προσεγγίζουν το «μηδενικό κατώτατο όριο», ορισμένες από τις μεγαλύτερες κεντρικές τράπεζες του κόσμου κατέφυγαν σε μη συμβατικές νομισματικές πολιτικές, έτσι ώστε να αντιμετωπίσουν τις συνέπειες της χρηματοοικονομικής κρίσης (2007-2009) και της ύφεσης που ακολούθησε. Ένα απ' αυτά τα μέτρα ήταν το πρόγραμμα Ποσοτικής Χαλάρωσης (QE) που εφάρμοσαν οι κεντρικές τράπεζες, η επίδραση του οποίου, τόσο στις εγχώριες όσο και στις διεθνείς αγορές, έχει εξεταστεί στην επιστημονική βιβλιογραφία. Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να συμβάλει μελετώντας τις διεθνείς επιδράσεις των πολιτικών QE της Ομοσπονδιακής Τράπεζας των Η.Π.Α. (Fed) στην μεταβλητότητα των αποδόσεων τριών συναλλαγματικών ισοτιμιών και πιο συγκεκριμένα των EUR / USD, GBP / USD και JPY / USD. Για την περίοδο της μελέτης μας (1/10/2008 - 29/4/2016), διερευνάμε, επίσης, τις δυνατότητες αντιστάθμισης μεταξύ των συναλλαγματικών ισοτιμιών και κατασκευάζουμε χαρτοφυλάκια ελάχιστης διακύμανσης με χρονικά μεταβαλλόμενες σταθμίσεις, για να εξετάσουμε τον τρόπο με τον οποίο εξελίσσονται οι ίδιες στο χρόνο, αλλά και πως επηρεάζονται, ενώ βρίσκονταν σε εφαρμογή QE πρόγραμμα της Fed.

Γενικά, τα εμπειρικά αποτελέσματα υποδεικνύουν ότι οι συγκεκριμένες μη συμβατικές πολιτικές της Fed άσκησαν θετική επίδραση στις συναλλαγματικές αποδόσεις μειώνοντας τη δεσμευμένη μεταβλητότητά τους και τις συνδιακυμάνσεις τους, γεγονός που μπορεί να ερμηνευθεί ως μείωση της αβεβαιότητας. Ένα επιπλέον εύρημα είναι τα οφέλη αντιστάθμισης που μπορεί να προσφέρει το JPY. Τέλος, το χαρτοφυλάκιο ελαχιστοποίησης του κινδύνου των τριών συναλλαγμάτων έχει τις πιο ισόποσα κατανεμημένες σταθμίσεις κατά τα μέσα του διαστήματος εφαρμογής του QE1 και του QE2 και κατά το δεύτερο ήμισυ του QE3.

**Λέξεις κλειδιά:** Ποσοτική Χαλάρωση, μεταβλητότητα, συναλλαγματικές ισοτιμίες, αντιστάθμιση κινδύνου, χαρτοφυλάκιο ελάχιστης διακύμανσης

## Abstract

With short term interest rates reaching the “zero lower bound”, some of the world’s biggest central banks responded with unconventional monetary policies, in order to counter the effects of the financial crisis (2007-2009) and the recession that followed. One of these measures was the Quantitative Easing (QE) program employed by the central banks, the impact of which, on both domestic and foreign markets, has been examined in the scientific literature. This thesis aims to contribute by studying the “spillover effects” of US Federal Reserve’s QE policies on the volatility of three exchange rates’ returns, namely the EUR/USD, GBP/USD and JPY/USD. For the period of our study (1/10/2008 – 29/4/2016), we also investigate hedging opportunities between the exchange rates and construct minimum variance portfolios with time varying weights, in order to examine how they evolve over time and how they are affected during Fed’s QE events.

The empirical results generally indicate that the Fed’s specific unconventional policies had a positive impact on the exchange rates’ returns by lowering their conditional volatility and covariances, which can be interpreted as a sign of uncertainty reduction. Another finding is the discovery of the hedging benefits that JPY has to offer. Lastly, the risk minimizing portfolio of the three currencies appears in its most equally weighted “form” during the mid-period of QE1 and QE2 and during the second half of QE3.

**Keywords:** Quantitative Easing, volatility, exchange rates, hedging, minimum variance portfolio



## Εισαγωγή

Μετά το ξέσπασμα της παγκόσμιας χρηματοοικονομικής κρίσης του 2007-2009 κάποιες από τις μεγαλύτερες Κεντρικές Τράπεζες του κόσμου απάντησαν με μείωση των επιτοκίων, τα οποία έφτασαν σε μηδενικά επίπεδα. Η ανεπάρκεια, όμως, αυτού του μέτρου σε συνδυασμό με την αδυναμία άσκησης συμβατικής νομισματικής πολιτικής, όταν τα επιτόκια βρίσκονται σ' αυτό το επίπεδο, ώθησε τις Κεντρικές Τράπεζες να αναζητήσουν λύσεις μέσα από μη συμβατικές νομισματικές πολιτικές. Η μη συμβατική «εργαλειοθήκη» περιλάμβανε μαζικές αγορές αξιογράφων δημοσίου και ιδιωτικού τομέα, οι οποίες ισοδυναμούσαν με επέκταση του ισολογισμού της Κεντρικής Τράπεζας και συνέπεια την αυξημένη προσφορά αποθεματικών και χρήματος. Αυτή η μορφή διαχείρισης του ισολογισμού της Κεντρικής Τράπεζας με σκοπό την διάσωση του χρηματοοικονομικού συστήματος, την εξασφάλιση της σταθερότητας των τιμών και γενικότερα την καταπολέμηση των συνεπειών της ύφεσης, ονομάζεται Ποσοτική Χαλάρωση (*Quantitative Easing - QE*). Η Ομοσπονδιακή Τράπεζα των Η.Π.Α. (*Fed*) ήταν η πρώτη με την κατάρρευση της *Lehman Brothers* που ξεκίνησε αγορές μεγάλης κλίμακας «εκτινάσσοντας» το μέγεθος του Ενεργητικού της και αποκτώντας κρατικά ομόλογα μακροπρόθεσμης διάρκειας και μια πληθώρα τίτλων που παλιότερα δεν κατείχε, όπως εταιρικά ομόλογα. Τα τέσσερα προγράμματα που αναφέρονται σ' αυτές τις δραστηριότητες της *Fed* πήραν τις ονομασίες QE1 (πρώτος γύρος), QE2 (δεύτερος γύρος), *Operation Twist* και QE3 (τρίτος γύρος). Η Τράπεζα της Αγγλίας (*BoE*), αν και διστακτική αρχικά, τον Ιανουάριο του 2009 προχώρησε στη σύσταση του Ταμείου Αγοράς Στοιχείων Ενεργητικού (*APF*) και πραγματοποίησε μαζικές αγορές υψηλής ποιότητας ιδιωτικών περιουσιακών στοιχείων. Υπό το *APF* ακολούθησαν κι άλλες αγορές σε κρατικά και εταιρικά ομόλογα. Η Ευρωπαϊκή Κεντρική Τράπεζα (*ECB*) και η Τράπεζα της Ιαπωνίας (*BoJ*) αρχικά έδωσαν στα προγράμματα τους κυρίως τον χαρακτήρα της διευκόλυνσης στο δανεισμό ως μέσο για την επέκταση της νομισματικής βάσης και με σκοπό να υποστηρίξουν τον τραπεζικό τους τομέα. Παρ' όλα αυτά, μετέπειτα χρονικά και οι δύο Κεντρικές Τράπεζες υιοθετούν όμοια στρατηγική με τις *Fed* και *BoE* πραγματοποιώντας αγορές περιουσιακών στοιχείων σε μεγάλη κλίμακα.

Τα προγράμματα Ποσοτικής Χαλάρωσης και γενικότερα τα μη συμβατικά μέτρα, που χρησιμοποιήσαν οι Κεντρικές Τράπεζες, μελετήθηκαν διευρυμένα στην επιστημονική βιβλιογραφία. Οι σχετικές έρευνες πραγματοποίησαν τη σύγκριση μεταξύ συμβατικών και μη

συμβατικών πολιτικών, προσδιόρισαν με ακρίβεια τη μορφή που πήραν οι μη συμβατικές πολιτικές, τους μηχανισμούς μετάδοσής τους, όπως και τις επιδράσεις που είχαν εγχώρια και διεθνώς στις αγορές και σε μακροοικονομικά μεγέθη χωρών. Οι εμπειρικές μελέτες, που αφορούσαν τις διεθνείς επιδράσεις της άσκησης πολιτικής QE από μια Κεντρική Τράπεζα, έδωσαν ιδιαίτερη έμφαση στις επιρροές που δέχθηκαν οι αναδυόμενες οικονομίες από τις αναπτυγμένες.

Η παρούσα εργασία θα εξετάσει πως επηρεάστηκε η μεταβλητότητα των αποδόσεων τριών συναλλαγματικών ισοτιμιών και πιο συγκεκριμένα των EUR/USD, GBP/USD και JPY/USD από τις πολιτικές Ποσοτικής Χαλάρωσης της Fed. Επιπλέον, για τον χρονικό ορίζοντα που καλύπτει η έρευνα (1/10/2008 - 29/4/2016) θα αναζητήσουμε ευκαιρίες αντιστάθμισης κινδύνου μεταξύ του ευρώ, της στερλίνας και του γιέν. Τέλος, για το ίδιο χρονικό διάστημα θα κατασκευάσουμε χαρτοφυλάκια ελάχιστης διακύμανσης με χρονικά μεταβαλλόμενες σταθμίσεις και θα δώσουμε ερμηνείες για τη μορφή που παίρνει η σύστασή τους στο χρόνο γενικότερα και κατά τη διάρκεια που ήταν σε εφαρμογή τα QE προγράμματα της Fed, ειδικότερα.

Η δομή της εργασίας έχει ως ακολούθως: Το 1<sup>ο</sup> κεφάλαιο είναι αφιερωμένο στο θεωρικό υπόβαθρο της μελέτης, στη βιβλιογραφική επισκόπηση και στην παρουσίαση των ερευνητικών μας ερωτημάτων. Στο 2<sup>ο</sup> κεφάλαιο αναφερόμαστε στη θεωρητική βάση της μεθοδολογίας που χρησιμοποιούμε. Στο 3<sup>ο</sup> κεφάλαιο περιγράφουμε τα δεδομένα της έρευνας και προσδιορίζουμε τη μεθοδολογική μας προσέγγιση. Στο 4<sup>ο</sup> κεφάλαιο παρουσιάζουμε τα εμπειρικά αποτελέσματα και ταυτόχρονα τους δίνουμε ερμηνεία. Τέλος, στο 5<sup>ο</sup> κεφάλαιο συνοψίζουμε τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την ανάλυσή μας, καταγράφουμε τους περιορισμούς που αντιμετωπίζει η εργασία και διατυπώνουμε προτάσεις για μελλοντική ερευνητική δραστηριότητα.

# Κεφάλαιο 1

## Ποσοτική Χαλάρωση και Αγορές

### 1.1 Μια εισαγωγή στα μη συμβατικά μέτρα νομισματικής πολιτικής

#### *1.1.1 Οι βασικές λειτουργίες της Κεντρικής Τράπεζας και τα συμβατικά μέτρα νομισματικής πολιτικής*

Η Κεντρική Τράπεζα αποτελεί τον θεμελιώδη λίθο του τραπεζικού συστήματος διαφυλάττοντας τη χρηματοπιστωτική σταθερότητα και συμβάλλοντας στην οικονομική Πολιτική (Συριόπουλος & Παπαδάμου, 2014). Ο Κορλίρας (2006) σημειώνει ότι σύμφωνα με τα διεθνώς ισχύοντα η Κεντρική Τράπεζα:

1. Έχει το μονοπώλιο της έκδοσης και κυκλοφορίας του εθνικού νομίσματος (χαρτονόμισμα), το λεγόμενο «εκδοτικό προνόμιο»
2. Ασκή τη νομισματική και πιστωτική πολιτική, με σκοπό τον έλεγχο της συνολικής προσφοράς χρήματος και της ρευστότητας της οικονομίας, καθώς και τον έλεγχο του συνολικού όγκου και της κατανομής των πιστώσεων
3. Ασκή χρέη «θησαυροφυλακίου» για το κράτος, τηρώντας συγκεντρωτικούς λογαριασμούς για τα έσοδα και τις εκταμιεύσεις του Δημοσίου, ώστε να παρακολουθούνται οι ταμειακές ροές και να εντοπίζονται τα προκύπτοντα ελλείμματα ή πλεονάσματα της δημοσιονομικής διαχείρισης
4. Ασκή τη συναλλαγματική πολιτική, παρεμβαίνοντας στην αγορά συναλλάγματος και διατηρεί τα συναλλαγματικά αποθέματα της χώρας
5. Εποπτεύει το τραπεζικό σύστημα της χώρας, θεσπίζοντας κανόνες και κριτήρια ως προς τη φερεγγυότητα και την εύρυθμη λειτουργία όλων των τραπεζών, ενώ επίσης καθορίζει κριτήρια και χορηγεί άδειες για τη δημιουργία νέων τραπεζών
6. Λειτουργεί ως «τελικός χρηματοδότης» (*lender of last resort*) των τραπεζών, καθορίζοντας το ύψος και το κόστος της χρηματοδότησης που παρέχει στις τράπεζες σε περιπτώσεις έκτακτων αναγκών

Το σημαντικότερο πρόβλημα της Κεντρικής Τράπεζας είναι ο πληθωρισμός, τον οποίο η Κεντρική Τράπεζα προσπαθεί να κρατήσει σε χαμηλά επίπεδα πετυχαίνοντας, ταυτόχρονα, την

καλύτερη δυνατή οικονομική ανάπτυξη. Όταν μια οικονομία βρίσκεται σε ύφεση με σημαντική μείωση των επενδύσεων, του εισοδήματος και αύξηση της ανεργίας, η Κεντρική Τράπεζα αυξάνει τη ρευστότητα ακολουθώντας επεκτατική νομισματική πολιτική. Παίρνει, δηλαδή, μέτρα για την αύξηση της ποσότητας του χρήματος και των πιστώσεων. Από την άλλη μια περιοριστική νομισματική πολιτική, δηλαδή μια σειρά μέτρων για τη μείωση της ποσότητας του χρήματος και των πιστώσεων, είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική, όταν η συνολική δαπάνη παρουσιάζεται αυξημένη και οι τιμές ιδιαίτερα υψηλά (Συριόπουλος & Παπαδάμου, 2014).

Σύμφωνα με τον Αγγελόπουλο (2010) τα κύρια μέσα συμβατικής νομισματικής πολιτικής είναι:

1. Το ποσοστό των **υποχρεωτικά δεσμευμένων καταθέσεων** των πιστωτικών ιδρυμάτων από την Κεντρική Τράπεζα. Το ποσό που κατατίθεται ορίζεται ως ποσοστό επί των καταθέσεων που η τράπεζα δέχεται από τους πελάτες της. Με την αλλαγή του ποσοστού των υποχρεωτικών δεσμευμένων καταθέσεων η Κεντρική Τράπεζα παρεμβαίνει έμμεσα στις αγορές χρήματος με δύο τρόπους. Καταρχάς, αναγκάζει τα πιστωτικά ιδρύματα να μεταβάλλουν το ύψος των χρηματοδοτήσεων τους κι επομένως αύξηση του ποσοστού περιορίζει τις χρηματοδοτήσεις, ενώ μείωσή του αυξάνει τις χρηματοδοτήσεις. Επίσης, αύξηση του ποσοστού μπορεί να οδηγήσει την τράπεζα σε πώληση τίτλων, που πιθανόν έχει στο χαρτοφυλάκιό της, ώστε να καλύψει το έλλειμμα των υποχρεωτικών καταθέσεων που μπορεί να δημιουργηθεί. Παράλληλα, οι υποχρεωτικές καταθέσεις επηρεάζουν πολλαπλασιαστικά την προσφορά χρήματος λόγω του τραπεζικού πολλαπλασιαστή, ο οποίος προκύπτει από το λόγο της μονάδας προς το ποσοστό των υποχρεωτικών καταθέσεων. Η μεταβολή στη προσφορά του χρήματος προκύπτει από το ποσό της κατάθεσης επί τον τραπεζικό πολλαπλασιαστή.

2. Το **αναπροεξοφλητικό επιτόκιο (*discount rate*)**. Πολύ συχνά οι τράπεζες δανείζονται από την Κεντρική Τράπεζα. Το επιτόκιο με το οποίο η Κεντρική Τράπεζα δανείζει τις τράπεζες είναι γνωστό ως αναπροεξοφλητικό επιτόκιο (*discount rate*). Με την αλλαγή του αναπροεξοφλητικού επιτοκίου οι Κεντρικές Τράπεζες παρεμβαίνουν άμεσα και αποτελεσματικά στις αγορές χρήματος, αφού με τη χρήση της δυνατότητας αυτής οι τράπεζες αξιοποιούν μια εύκολη εναλλακτική λύση για άντληση κεφαλαίων στην περίπτωση ανάγκης για δανεισμό, είτε για να καλύψουν προβλήματα ρευστότητας, είτε για να καλύψουν ελλείψεις στις αναγκαίες υποχρεωτικές δεσμευμένες καταθέσεις ή γενικά για να διαχειριστούν προβλήματα του ενεργητικού ή του παθητικού τους.

Επισημαίνεται ότι το ύψος του αναπροεξοφλητικού επιτοκίου επηρεάζει την απόφαση των πιστωτικών ιδρυμάτων για χρήση της διευκόλυνσης από την Κεντρική Τράπεζα ή τη χρήση διαφόρων άλλων χρηματοπιστωτικών μέσων άντλησης κεφαλαίων. Επιπλέον, είναι φανερό ότι το υψηλότερο ή χαμηλότερο αναπροεξοφλητικό επιτόκιο, με το οποίο θα δανειστούν οι τράπεζες, θα μεταφερθεί, μέσω των χρηματοδοτήσεων, στους πελάτες τους και στην οικονομία γενικότερα, επηρεάζοντας το ύψος των δανείων και κατά συνέπεια και την προσφορά του χρήματος.

**3. Η πολιτική της ανοιχτής αγοράς (Open Market Operations).** Με τη διενέργεια πράξεων ανοιχτής αγοράς οι Κεντρικές Τράπεζες παρεμβαίνουν άμεσα στις αγορές χρήματος, αφού αγοράζουν ή πωλούν τίτλους του δημοσίου σε καθορισμένη, σύμφωνα με τις ανάγκες του δημοσίου, τιμές και αποδόσεις. Οι τίτλοι αυτοί έχουν εκδοθεί από την κυβέρνηση κατά την άσκηση της δημοσιονομικής πολιτικής για τη χρηματοδότηση δημοσιονομικών ελλειμμάτων και βρίσκονται στην κατοχή πιστωτικών ιδρυμάτων ή ιδιωτών, επιχειρήσεων, θεσμικών επενδυτών ή χρηματοπιστωτικών οργανισμών. Με την αγορά τίτλων του δημοσίου από τις τράπεζες ή άλλους κατόχους αυτών, η Κεντρική Τράπεζα αυξάνει τη ρευστότητα και την προσφορά χρήματος στην οικονομία. Αντίθετα, με την πώληση τέτοιων τίτλων περιορίζει τη ρευστότητα. Η επιτυχία του μέσου αυτού εξαρτάται από την τιμή αγοράς ή πώλησης και κατά συνέπεια και από τις αποδόσεις (επιτόκια) των τίτλων αυτών. Οι αποδόσεις που διαμορφώνονται κατά τη διενέργεια των πράξεων αυτών μεταφέρονται στη συνέχεια και στην οικονομία, επηρεάζοντας έτσι την προσφορά του χρήματος και σε δεύτερο επίπεδο.

### *1.1.2 Τα μη συμβατικά μέτρα νομισματικής πολιτικής των Κεντρικών Τραπεζών*

Οι Συριόπουλος & Παπαδάμου (2014) επισημαίνουν ότι το κύριο χαρακτηριστικό των μη συμβατικών νομισματικών πολιτικών είναι ότι οι Κεντρικές Τράπεζες κάνουν ενεργητική διαχείριση των ισολογισμών τους με στόχο να επηρεάσουν τις τιμές και τις συνθήκες της αγοράς πέρα από το επίπεδο των επιτοκίων. Ο στόχος των μη συμβατικών μέτρων και των συμβατικών είναι κοινός: Η διατήρηση της σταθερότητας του επιπέδου τιμών, η αποφυγή της κατάρρευσης του χρηματοοικονομικού συστήματος και ο περιορισμός των συνεπειών της οικονομικής ύφεσης. Οι Κεντρικές Τράπεζες καταφεύγουν στη μη συμβατική «εργαλειοθήκη» σε περιόδους και περιπτώσεις διαταραχών και αποτυχιών στις αγορές.

Οι Bernanke & Reinhart (2004) διακρίνουν τρεις κατηγορίες μη συμβατικών μέτρων: 1) Αύξηση του μεγέθους του ισολογισμού της Κεντρικής Τράπεζας 2) Αλλαγή της σύστασης του ισολογισμού της Κεντρικής Τράπεζας 3) Διαμόρφωση των προσδοκιών για την μελλοντική πορεία της νομισματικής πολιτικής.

### **Ποσοτική Χαλάρωση:**

Η αλλαγή του μεγέθους του ισολογισμού της Κεντρικής Τράπεζας και πιο συγκεκριμένα η αύξησή του, είναι γνωστή ως Ποσοτική Χαλάρωση (*Quantitative Easing - QE*). Το μη συμβατικό μέτρο της Ποσοτική Χαλάρωση πραγματοποιείται με την αγορά χρεογράφων κι έχει ως στόχο τη μεταβολή της συνολικής προσφοράς αποθεματικών και της ποσότητας χρήματος (Συριόπουλος & Παπαδάμου, 2014). Οι Fawley & Neely (2013) ορίζουν την Ποσοτική Χαλάρωση ως εκείνες τις (μη συμβατικές) πολιτικές, οι οποίες αυξάνουν ασυνήθιστα τη νομισματική βάση, περιλαμβάνουν αγορές περιουσιακών στοιχείων και προγράμματα δανεισμού, ενώ τη πιστωτική χαλάρωση την ορίζουν ως ειδική κατηγορία της Ποσοτικής Χαλάρωσης με την προϋπόθεση ότι αυξάνει τη νομισματική βάση. Οι Bernanke & Reinhart (2004) σημειώνουν ότι το μέτρο της Ποσοτικής Χαλάρωσης ισοδυναμεί με «ενέσεις» ρευστότητας στην οικονομία μεγαλύτερες σε μέγεθος από εκείνες που θα απαιτούνταν για να φτάσουν τα επιτόκια σε μηδενικό επίπεδο.

### **Ποιοτική/Πιστωτική Χαλάρωση:**

Αυτή η κατηγορία αναφέρεται στη μεταβολή της σύστασης του ισολογισμού της Κεντρικής Τράπεζας (Bernanke & Reinhart, 2004). Σύμφωνα με τους Συριόπουλος & Παπαδάμου (2014) η βασική ιδέα πίσω από την εφαρμογή αυτού του μέτρου είναι ότι οι πράξεις που μεταβάλλουν τα ποσοστά των διάφορων ειδών περιουσιακών στοιχείων που διακρατούν οι ιδιώτες, θα οδηγήσουν σε μεταβολές στις σχετικές τους τιμές, εάν και εφόσον τα διάφορα περιουσιακά στοιχεία δεν θεωρούνται υποκατάστατα, ενώ παράλληλα θα υπάρξει επίδραση στα σχετικά πριμ κινδύνου και στην οικονομική δραστηριότητα.

### Μελλοντική Καθοδήγηση

Η Μελλοντική Καθοδήγηση (Forward Guidance) αποσκοπεί στο να βοηθήσει τις αγορές να διαμορφώσουν ακριβείς προσδοκίες σχετικά με την πιθανή πορεία της νομισματικής πολιτικής (Haltom & Wolman, 2012). Οι Συριόπουλος & Παπαδάμου (2014) επισημαίνουν ότι, εάν η Κεντρική Τράπεζα κατορθώνει να πείσει ότι θα διατηρήσει τα βραχυπρόθεσμα επιτόκια χαμηλά, θα επέλθει μείωση των μακροπρόθεσμων επιτοκίων και διέγερση της οικονομίας.

#### 1.1.2.1 Μηχανισμοί μετάδοσης των μη συμβατικών μέτρων της νομισματικής πολιτικής

Οι Cecioni et al. (2011) αναφέρουν ότι η μη συμβατική νομισματική πολιτική μεταδίδεται στην οικονομία μέσω δύο καναλιών: 1) Του **καναλιού σηματοδότησης (signalling channel)** και 2) του **καναλιού αναπροσαρμογής χαρτοφυλακίου (portfolio-balance channel)**. Πιο αναλυτικά:

Το κανάλι σηματοδότησης λειτουργεί μέσα από τις ανακοινώσεις της Κεντρικής Τράπεζας σχετικά με τις προθέσεις της για την μελλοντική εξέλιξη των βραχυπρόθεσμων επιτοκίων, την αγορά τίτλων/περιουσιακών στοιχείων ή την εφαρμογή άλλων μέτρων που θα στοχεύσουν στην αντιμετώπιση δυσλειτουργιών της αγοράς. Οι Συριόπουλος & Παπαδάμου (2014) επισημαίνουν ότι: α) η αποτελεσματικότητα αυτού του καναλιού εξαρτάται την αξιοπιστία της Κεντρικής Τράπεζας και από το ρόλο των προσδοκίων σ' αυτή την οικονομία β) οι ανακοινώσεις έχουν μεγάλη επιρροή ιδίως σε περιόδους χρηματοοικονομικών κρίσεων.

Το κανάλι αναπροσαρμογής του χαρτοφυλακίου λειτουργεί μέσα από τις πράξεις της Κεντρικής Τράπεζας όπως είναι οι αγορές τίτλων σε μεγάλη κλίμακα, «ενέσεις» ρευστότητας κ.τ.λ., οι οποίες τροποποιούν το μέγεθος και τη σύσταση του ισολογισμού της Κεντρικής Τράπεζας, καθώς και των ισολογισμών του ιδιωτικού τομέα. Η Κεντρική Τράπεζα είναι η μόνη που μπορεί να διεξάγει τέτοιου είδους παρεμβάσεις στην οικονομία σε μεγάλη κλίμακα. Οι πράξεις αυτές της Κεντρικής Τράπεζας έχουν ως στόχο να επηρεάσουν τις τιμές σε ορισμένα δυσλειτουργικά «τμήματα» της χρηματοπιστωτικής αγοράς ή να ασκήσουν επίδραση σε

αποδόσεις γενικότερα. Η αποτελεσματικότητα αυτού του καναλιού εξαρτάται από την ατελή υποκατάσταση μεταξύ των διαφορετικών στοιχείων των ισολογισμών του ιδιωτικού τομέα.

Επιπρόσθετα, πέρα από τα προαναφερθέντα, στη βιβλιογραφία αναφέρονται και άλλα κανάλια, όπως (το κανάλι) του πριμ ρευστότητας (*liquidity premia channel*) και (το κανάλι) του τραπεζικού δανεισμού (*credit or bank lending channel*) (Falagiarda & Reitz, 2013). Οι Συριόπουλος & Παπαδάμου (2014) σημειώνουν: Κατά τη διάρκεια μιας κρίσης υπάρχουν προβλήματα ρευστότητας και τα πριμ ρευστότητας αυξάνονται ιδιαίτερα. Η παρουσία και δράση της Κεντρικής Τράπεζας με μη συμβατικές νομισματικές πολιτικές αγοράς τίτλων κυρίως, μπορεί να αυξήσει τη ρευστότητα στην αγορά και να μειώσει τα πριμ ρευστότητας παρέχοντας τη δυνατότητα άμεσης ρευστοποίησης τίτλων από τους συμμετέχοντες στην αγορά, όποτε χρειαστεί. Το κανάλι του τραπεζικού δανεισμού έχει να κάνει με το γεγονός ότι η Κεντρική Τράπεζα αγοράζει τίτλους από τις τράπεζες ή δέχεται ως εγγύηση τίτλους των τραπεζών παρέχοντας ρευστότητα και δίνοντας τη δυνατότητα στις τράπεζες για παροχή πίστωσης προς νοικοκυριά και επιχειρήσεις. Τέλος, είναι απαραίτητη η ενίσχυση της εμπιστοσύνης και η διαβεβαίωση του κοινού ότι η Κεντρική Τράπεζα είναι διατεθειμένη να κάνει οτιδήποτε χρειαστεί προκειμένου να πετύχει τους στόχους της. Το λεγόμενο κανάλι εμπιστοσύνης (*confidence channel*) επηρεάζει, υπό την έννοια ότι περιορίζει, τις αντιλήψεις για την (υπάρχουσα) αβεβαιότητα και τον κίνδυνο (Bluwstein & Canova, 2016).

#### 1.1.2.2 Χρηματοοικονομική κρίση του 2007-2009 και τα προγράμματα Ποσοτικής Χαλάρωσης των Fed, ECB, BoE και BoJ

Η Τράπεζα της Ιαπωνίας ήταν η πρώτη Κεντρική Τράπεζα που εφάρμοσε πρόγραμμα Ποσοτικής Χαλάρωσης, το Μάρτιο του 2001 (Agostini *et al.*, 2016). Την δεκαετία του 1990 στην Ιαπωνία επικρατούσε μεγάλη ύφεση, καθώς κατέρρεε η εγχώρια ζήτηση, η ανεργία αυξανόταν σε επικίνδυνα επίπεδα (Συριόπουλος & Παπαδάμου, 2014), ενώ το ποσοστό πληθωρισμού πήρε αρνητική τιμή στο δεύτερο εξάμηνο του 1998 (Ueda, 2012). Η απάντηση της Κεντρικής Τράπεζας αρχικά ήταν να ρίξει τα επιτόκια σε μηδενικά επίπεδα αποσκοπώντας να δώσει ώθηση στην οικονομία, χωρίς, όμως, αυτή η κίνηση να οδηγήσει στα επιθυμητά αποτελέσματα. Η Κεντρική



Τράπεζα ήρθε αντιμέτωπη μ' αυτό που ο Keynes αποκαλεί «παγίδα ρευστότητας» (liquidity trap), δηλαδή μηδενικά επιτόκια και συρρίκνωση της οικονομικής δραστηριότητας (Συριόπουλος & Παπαδάμου, 2014). Έτσι, στις 19 Μαρτίου του 2001 η Κεντρική Τράπεζα υιοθέτησε ένα καινούργιο πλαίσιο για την άσκηση νομισματικής πολιτικής, τη λεγόμενη «Ποσοτική Χαλάρωση, έχοντας ως στόχο την εξάλειψη του φαινομένου της συνεχιζόμενης μείωσης των τιμών και τη δημιουργία των βάσεων για μια βιώσιμη οικονομική ανάπτυξη (Ugai, 2007). Το πρόγραμμα αυτό διήρκησε έως το Μάρτιο του 2006 και κατά τη διάρκεια του, η Κεντρική Τράπεζα επέκτεινε τις αγορές της σε μακροπρόθεσμα κυβερνητικά ομόλογα (Agostini *et al.*, 2016).

Μετά το ξέσπασμα της παγκόσμιας χρηματοοικονομικής κρίσης του 2007-2009, οι μεγαλύτερες Κεντρικές Τράπεζες του κόσμου ξεκίνησαν τη μείωση των βραχυπρόθεσμων επιτοκίων, τα οποία προσέγγισαν το λεγόμενο «μηδενικό κατώτατο όριο» (*Zero Lower Bound*) στα τέλη του 2008/αρχές 2009 (Fawley & Neely, 2013). Η αναποτελεσματικότητα των συμβατικών μέσων νομισματικής πολιτικής σε τέτοιες περιόδους/συνθήκες ώθησε τις Κεντρικές Τράπεζες των Η.Π.Α, της Ευρωπαϊκής Ένωσης, του Ηνωμένου βασιλείου και της Ιαπωνίας να αναζητήσουν λύσεις σε μη συμβατικά μέσα, ανάμεσα στα οποία ήταν και η Ποσοτική Χαλάρωση, με σκοπό να τονώσουν την οικονομική ανάπτυξη (Fawley & Neely, 2013). Σ' αυτήν την ενότητα θα καταγράψουμε για τον χρονικό ορίζοντα της έρευνας τα προγράμματα QE που εφάρμοσαν οι προαναφερθείσες Κεντρικές Τράπεζες αναφερόμενοι στις σημαντικότερες σχετικές ανακοινώσεις/ημερομηνίες, ενώ ιδιαίτερη έμφαση θα δοθεί στην περίπτωση της Fed, όπως συνάδει με τα ερευνητικά ερωτήματα της παρούσας διατριβής (τα οποία θα παρουσιαστούν στην επόμενη ενότητα). Επιπλέον, σημειώνουμε ότι στον Πίνακα 1 του «Παραρτήματος» έχουμε συγκεντρώσει τις σημαντικότερες μη συμβατικές πολιτικές των τεσσάρων Κεντρικών Τραπεζών, καθώς και τις αντίστοιχες ημερομηνίες. Οι πηγές για την κατασκευή του είναι οι μελέτες των Fawley & Neely, (2013), Agostini *et al.*, (2016) και η ηλεκτρονική σελίδα της Τράπεζας της Ιαπωνίας. Επισημαίνουμε ότι οι αναφορές που ακολουθούν για τις πολιτικές QE των Κεντρικών Τραπεζών βασίζονται σ' αυτόν τον πίνακα και στις πηγές του.

### **Ευρωπαϊκή Κεντρική Τράπεζα (ECB)**

Στις 15/10/2008, ένα μήνα μετά την κατάρρευση της επενδυτικής τράπεζας «Lehman Brothers», η ECB ανακοίνωσε επέκταση στις πράξεις αναχρηματοδότησης. Πιο συγκεκριμένα,

αποφασίστηκαν απεριόριστες παροχές ρευστότητας μέσω δημοπρασιών σταθερού επιτοκίου με πλήρη κατανομή (FRFA), ενώ ταυτόχρονα, επεκτάθηκε ο κατάλογος αποδεκτών τίτλων ασφάλειας. Στις 7/5/2009 η Ευρωπαϊκή Κεντρική Τράπεζα ανακοινώνει €60 δις αγορές κεκαλυμμένων ομολόγων υπό το πρόγραμμα αγοράς κεκαλυμμένων ομολόγων «CBPP1» και 12-μήνες λειτουργίες μακροπρόθεσμης αναχρηματοδότησης (LTROs). Το δεύτερο πρόγραμμα αγοράς κεκαλυμμένων ομολόγων «CBPP2» (επιπλέον αγορά €40 δις) ξεκίνησε στις 6/10/2011, ενώ στις 8/12/2011 ανακοινώθηκαν 36-μηνες πράξεις μακροχρόνιας αναχρηματοδότησης και επέκταση του καταλόγου αποδεκτών τίτλων ασφάλειας. Μετά την περαιτέρω μείωση του επιτοκίου καταθέσεων από -0,1 σε -0,2% που έλαβε χώρα στις 10/9/2014, η ECB ξεκινάει στις 20/10/2014 το τρίτο πρόγραμμα αγοράς κεκαλυμμένων ομολόγων «CBPP3» και στις 21/11/2014 το πρόγραμμα αγοράς τίτλων καλυπτόμενων από περιουσιακά στοιχεία «ABSPP» με την πρόθεση να κρατήσει για δύο χρόνια. Το διευρυμένο πρόγραμμα αγοράς στοιχείων ενεργητικού «EAPP», ανακοινώθηκε στις 22/1/2015, στα πλαίσια του οποίου θα γίνονταν αγορές χρέους ύψους €60 δις το μήνα από κεντρικές κυβερνήσεις, ειδικούς φορείς-εκδότες χρεογράφων και ευρωπαϊκούς οργανισμούς της ζώνης του ευρώ. Το συνολικό πρόγραμμα Ποσοτικής Χαλάρωσης υπολογίζονταν σε €1.1 τρις. Τέλος, το πρόγραμμα αγοράς στοιχείων του ενεργητικού του δημοσίου τομέα «PSPP» ξεκινά στις 10/3/2015. Κατά την εφαρμογή αυτού του προγράμματος από την ECB, το 90% των συνολικών αγορών διατίθεται σε κυβερνητικά ομόλογα.

### **Τράπεζα της Αγγλίας (BoE)**

Η «απάντηση» της BoE στην όξυνση της οικονομικής κρίσης ήταν η σύσταση του Ταμείου Αγοράς Στοιχείων Ενεργητικού «APF» στις 19/1/2009 και η ανακοίνωση αγοράς £50 δις υψηλής ποιότητας ιδιωτικά περιουσιακά στοιχεία. Στις 5/3/2009, 7/5/2009, 6/8/2009 και 5/11/2009 πραγματοποιείται επέκταση του προγράμματος Ποσοτικής Χαλάρωσης υπό το «APF», το οποίο ανέρχονταν, πλέον, σε £200 δις συνολικά. Στις 4/2/2010 το QE πρόγραμμα σταθεροποιείται και η BoE διακρατά τα περιουσιακά στοιχεία που έχουν αγοραστεί. Στις 6/10 του επόμενου έτους, όμως, ανακοινώνονται νέες αγορές. Πιο συγκεκριμένα, η BoE επεκτείνει το συνολικό πρόγραμμα QE στα £275 δις, το οποίο θα αυξηθεί εκ νέου στα συνολικά £325 δις (£50 δις αύξηση) στις 9/2/2012 και στα £375 δις (£50 δις αύξηση) στις 5/7/2012, σε συνολικές αγορές περιουσιακών στοιχείων.

### Τράπεζα της Ιαπωνίας (BoJ)

Τα αρχικά μέτρα που έλαβε η BoJ, όπως και η ECB, απέναντι στην όξυνση της οικονομικής κρίσης είχαν τον χαρακτήρα της παροχής απεριόριστης ρευστότητας στις τράπεζες, η οποία πραγματοποιήθηκε μέσα από το πρόγραμμα «Special-Funds-Supplying Operations (SFSOs)» που ανακοινώθηκε στις 2/12/2008. Πριν το τέλος του ίδιου έτους (19/12/2008) η Κεντρική Τράπεζα, επίσης, αποφασίζει να αυξήσει τις μηνιαίες αγορές κυβερνητικών ομολόγων σε ¥1.4 τρις/μήνα. Στο πρώτο εξάμηνο του 2009 πραγματοποιούνται αγορές εμπορικών γραμματίων (*Commercial Paper – CP*), εταιρικών ομολόγων, ενώ παράλληλα, σημειώνεται αύξηση στις μηνιαίες αγορές κυβερνητικών ομολόγων. Στις 15/7/2009 η BoJ ανακοινώνει την επέκταση των προγραμμάτων μέχρι το τέλος του χρόνου και στις 1/12/2009 την χορήγηση ¥10 τρις σε 3-μηνα δάνεια. Στο πρώτο εξάμηνο του 2010, η Κεντρική Τράπεζα προχωράει στη χορήγηση επιπρόσθετων 3-μηνων δανείων, επεκτείνει τις λειτουργίες σταθερού επιτοκίου (*Fixed-rate Operations – FROs*) και μέσα από το πρόγραμμα «Growth-Supporting Funding Facility - GSFF» δανείζει ¥3 τρις για προγράμματα ανάπτυξης/αναπτυξιακά έργα (*growth projects*). Στις 30/8/2010 η BoJ προσφέρει ¥10 τρις σε 6-μηνα δάνεια, ενώ με το Πρόγραμμα Αγοράς Τίτλων (*Asset Purchase Program – APP*), ανακοινώνονται στις 5/10/2010 αγορές ¥5 τρις σε δημόσια και ιδιωτικά περιουσιακά στοιχεία. Κατά τα έτη 2011 και 2012 συνεχίζονται οι αγορές δημοσίων και ιδιωτικών περιουσιακών στοιχείων, πραγματοποιούνται επιπλέον αγορές κυβερνητικών ομολόγων, γίνεται επέκταση του GSFF και APP προγράμματος και ανακοινώνεται το «Stimulating Bank Lending Facility - SBLF» πρόγραμμα. Πιο συγκεκριμένα, στις 30/10/2012 η BoJ ανακοινώνει: αγορές επιπλέον ¥10 τρις σε δημόσιο χρέος και ¥1 τρις σε ιδιωτικά περιουσιακά στοιχεία (CP, εταιρικά ομόλογα, Διαπραγματεύσιμα Αμοιβαία Κεφάλαια - ETFs, Ιαπωνικών Εταιριών Επενδύσεων Ακίνητης Περιουσίας - J-REITs), όπως επίσης και ότι θα χρηματοδοτήσει (από την καθορισμένη ημερομηνία) μέχρι και το 100% της καθαρής αύξησης (*net increase*) συγκεκριμένων χρηματοπιστωτικών οργανισμών (*depository institutions*) στο δανεισμό του μη χρηματοοικονομικού τομέα.

Στις 4/4/2013 η Κεντρική Τράπεζα ανακοινώνει το πρόγραμμα Ποσοτικής και Ποιοτικής Χαλάρωσης (*Quantitative and Qualitative Easing*), το οποίο θα επεκταθεί στη συνέχεια. Πιο αναλυτικά, στις 31/10/2014 η BoJ επεκτείνει το QQE πρόγραμμα και επιταχύνει τις αγορές κυβερνητικών ομολόγων σε ¥80 τρις (πάνω κατά ¥30 τρις) ετησίως. Επιπρόσθετα, η Κεντρική

Τράπεζα ανακοινώνει αγορές ETFs και περιουσιακών στοιχείων από J-REITs, έτσι ώστε το συνολικό τους ποσό να αυξάνεται με ετήσιο ρυθμό περίπου ¥3 τρις (τριπλασιάζει συγκριτικά με το παρελθόν) και περίπου ¥90 δις (τριπλασιάζει συγκριτικά με το παρελθόν), αντίστοιχα. Η BoJ συνέχισε την επέκταση του μεγέθους του ισολογισμού της με αγορές κυβερνητικών ομολόγων και ιδιωτικών περιουσιακών στοιχείων (ETFs, J-REITs) και για το έτος 2015, όπως και για τις αρχές του 2016, όπου ολοκληρώνεται το διάστημα που εξετάζουμε στην παρούσα έρευνα.

### **Ομοσπονδιακή Τράπεζα των ΗΠΑ (Fed)**

Η Fed ήταν η πρώτη Κεντρική Τράπεζα που ξεκίνησε αγορές τίτλων σε μεγάλη κλίμακα μετά την κατάρρευση της «Lehman Brothers» και με σκοπό να ενισχύσει την οικονομία. Στις 25 Νοεμβρίου του 2008 ανακοινώθηκαν αγορές \$100 δις σε χρέος κοινοφελών ιδιωτικών εταιρειών (*GSE* χρέος) και \$500 δις σε αξιόγραφα από τιτλοποίηση ενυπόθηκων στεγαστικών δανείων (*MBS* χρέος). Τα αμέσως επόμενα αξιοσημείωτα γεγονότα είναι η ομιλία του διοικητή της Fed B. Bernanke στις 1/12/2008 και η δήλωση της επιτροπής κεφαλαιαγοράς της Fed στις 16/12/2008, τα οποία είχαν το περιεχόμενο να επεκταθεί το πρόγραμμα Ποσοτικής Χαλάρωσης σε μακροπρόθεσμα χρεόγραφα του δημοσίου. Έτσι, λοιπόν, στις 18 Μαρτίου του 2009 η Κεντρική Τράπεζα των Η.Π.Α. ανακοινώνει τις αγορές \$300 δις σε μακροπρόθεσμα χρεόγραφα δημοσίου, επιπλέον \$100 δις σε *GSE* χρέος και \$750 δις σε *MBS* χρέος. Στις 12/8/2009 η Fed ανακοινώνει την απόφαση της να επιβραδύνει αυτές τις Αγορές Τίτλων σε Μεγάλη Κλίμακα (*Large-Scale Asset Purchases – LSAPs*), ενώ στις 10/8/2010 ο ισολογισμός της Κεντρικής Τράπεζας σταθεροποιείται και ολοκληρώνεται το πρώτο πρόγραμμα Ποσοτικής Χαλάρωσης, γνωστό και ως «QE1».

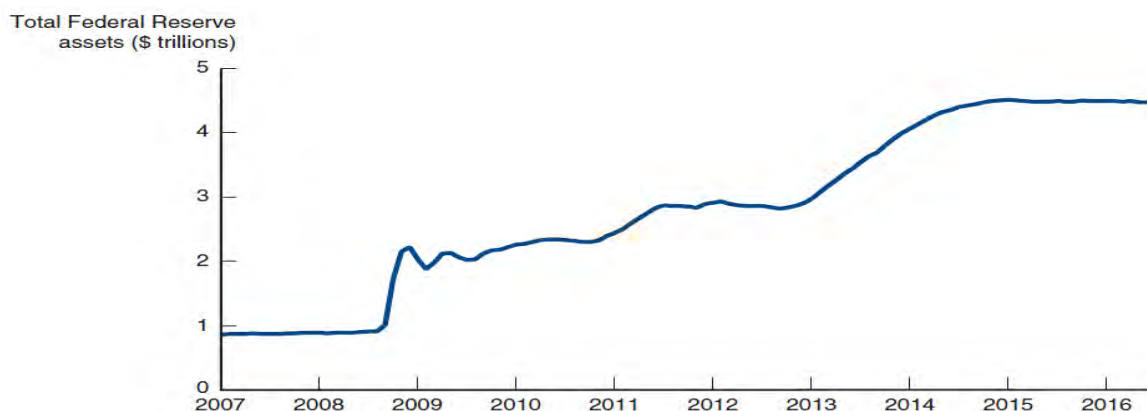
Η επιτροπή κεφαλαιαγοράς της Fed σε δήλωση της στις 21/9/2010, υπογράμμισε ότι ο πληθωρισμός παρέμενε χαμηλός και ότι ήταν πιθανό να συνεχίζει να είναι «υποτονικός» για κάποιο διάστημα πριν την άνοδο του σ' επίπεδα αποδεκτά από τη Fed. Το ξεκίνημα του δεύτερου προγράμματος Ποσοτικής Χαλάρωσης, το «QE2», δεν άργησε να ακολουθήσει. Στις 3 Νοεμβρίου του 2010 η Fed ανακοίνωσε αγορές \$600 δις σε μακροπρόθεσμα χρεόγραφα δημοσίου. Η ολοκλήρωση του QE2 σημειώθηκε στις 22/6/2011. Όμως, στα τέλη του καλοκαιριού του 2011 εμφανίστηκαν στις Η.Π.Α. νέοι φόβοι ύφεσης. Η «απάντηση» της Fed δόθηκε μέσα από το πρόγραμμα «Operation Twist» σύμφωνα με το οποίο: Η Fed αγόρασε επιπλέον \$400 δις σε μακροπρόθεσμα χρεόγραφα δημοσίου (με εναπομείναντα 6 έως 30 χρόνια μέχρι τη λήξη), ενώ πούλησε το αντίστοιχο μέγεθος σε βραχυπρόθεσμα χρεόγραφα δημοσίου (με εναπομείναντα 3

χρόνια το μέγιστο ως τη λήξη). Στις 20/6/2012 η Κεντρική Τράπεζα αποφάσισε την επέκταση του προγράμματος με τον υπάρχοντα ρυθμό, δηλαδή \$45 δις/μήνα, ενώ η ολοκλήρωσή του επήλθε στα τέλη του έτους 2012.

Πριν ολοκληρωθεί το Operation Twist, η Fed, για να τονώσει περαιτέρω την οικονομία και πιο συγκεκριμένα εξαιτίας ανησυχιών, που υπήρχαν, σχετικά με την κατάσταση που επικρατούσε στην αγορά εργασίας, ανακοίνωσε νέο πρόγραμμα Ποσοτικής Χαλάρωσης, το QE3. Στις 13 Σεπτεμβρίου του 2012 η Fed ανακοίνωσε αγορές \$40 δις αξιογράφων από τιτλοποίηση ενυπόθηκων στεγαστικών δανείων (MBS) ανά μήνα. Στις 12/12/2012 ανακοινώθηκε από την Κεντρική Τράπεζα ότι θα συνεχίσει να αγοράζει \$45 δις μακροπρόθεσμα χρεόγραφα δημοσίου ανά μήνα, χωρίς να πουλάει το αντίστοιχο μέγεθος σε βραχυπρόθεσμα χρεόγραφα δημοσίου. Σε ομιλία του στο Κογκρέσο στις 22/5/2013, ο B. Bernanke δηλώνει ότι η Fed είναι έτοιμη να περιορίσει τις αγορές ομολόγων, αν η οικονομία βελτιωθεί επαρκώς, ενώ σε ομιλία στις 19/6/2013 υπαινίσσεται ξανά ότι το πρόγραμμα Ποσοτικής Χαλάρωσης φτάνει στο τέλος του. Στις 29 Οκτωβρίου του 2014 η Fed αποφασίζει την ολοκλήρωση του QE3 και ταυτόχρονα γνωστοποιεί ότι θα κρατήσει τα επιτόκια χαμηλά. Η επέκταση του ισολογισμού της Fed ως αποτέλεσμα των προγραμμάτων Ποσοτικής Χαλάρωσης φαίνεται στο Διάγραμμα 1.1, όπου παρουσιάζεται το σύνολο των περιουσιακών της στοιχείων και η μεταβολή του μεγέθους του στο χρόνο.

### Διάγραμμα 1.1

Συνολικά περιουσιακά στοιχεία της Fed (\$τρις)



Πηγή: Mishkin & Eakins (2018)

## 1.2 Προηγούμενες εμπειρικές μελέτες της επίδρασης των μέτρων Ποσοτικής Χαλάρωσης στις αγορές

Οι επιδράσεις των μη συμβατικών μέτρων νομισματικής πολιτικής έχουν μελετηθεί εκτενώς στη βιβλιογραφία. Έρευνες βασιζόμενες κυρίως σε Event Study και VAR μεθοδολογίες επιδίωξαν τον προσδιορισμό των επιδράσεων των πολιτικών στις αποδόσεις των αγορών τόσο εγχώρια, όσο και διεθνώς.

Ο Ugai (2015) στην έρευνά του επισημαίνει ότι οι πολιτικές Ποσοτικής και Ποιοτικής Χαλάρωσης από την BoJ οδήγησαν στην υποτίμηση του το γιέν. Στην ίδια κατεύθυνση, οι Glick & Leduc (2012) αναφέρουν την υποτίμηση του αμερικάνικου δολαρίου και της στεργλίνας τις μέρες που ανακοινώθηκαν αγορές κυβερνητικών ομολόγων σε μεγάλη κλίμακα από τη Fed και την BoE αντίστοιχα. Για την περίπτωση του USD το ίδιο συμπέρασμα καταγράφεται και στη μελέτη του Neely (2012). Ως παράλληλη συνέπεια αυτών των αγορών από την Fed, οι Gagnon et al. (2011) σημειώνουν τη μείωση στις αποδόσεις των αμερικανικών μακροχρόνιων ομολόγων. Οι Rogers et al. (2014) υπογραμμίζουν ότι οι αγορές ομολόγων από την ECB, καθώς και οι ανακοινώσεις για τις λειτουργίες μακροπρόθεσμης αναχρηματοδότησης, έχουν στατιστικά σημαντική επίδραση και αυξάνουν τις τιμές των μετοχών (DAX futures). Οι Beetsma et al. (2017) διαπιστώνουν ότι οι αγορές κυβερνητικών ομολόγων από την ECB κατά τη διάρκεια του προγράμματος «Securities Markets Programme» (SMP) είχαν σταθεροποιητικές επιδράσεις στις αποδόσεις των ομολόγων και μετρίασαν τις αρνητικές συνέπειες της οικονομικής κρίσης, αλλά και τη διάδοσή τους, για τις χώρες Ελλάδα, Ιρλανδία, Ιταλία, Πορτογαλία και Ισπανία. Οι Joyce & Tong (2012) αναφέρουν ότι για την περίοδο που μελετούν (Μάρτιος 2009 - Ιανουάριος 2010), οι αγορές περιουσιακών στοιχείων από την BoE είχαν σημαντική και διαρκή επίδραση στις αποδόσεις των κυβερνητικών ομολόγων. Επιπλέον, σχετικά με τις αποδόσεις του δείκτη FTSE, οι Joyce et al. (2012) αναφέρουν ότι αυξήθηκαν κατά 14% κατά της διάρκεια του QE2 (Οκτώβριος 2011 – Μάιος 2012) της BoE, ενώ αντίθετα κατά τη διάρκεια του QE1<sup>1</sup> (Μάρτιος 2009 – Ιανουάριος 2010) μειώθηκαν συνολικά κατά 3%.

Σε διεθνές επίπεδο, τα λεγόμενα «contagion effects» έχουν εξεταστεί ενδελεχώς υπό το πρίσμα των αναπτυσσόμενων και ιδίως των αναδυόμενων οικονομιών (EMEs). Οι Malliaropoulos &

---

<sup>1</sup> της Τράπεζας της Αγγλίας

Migiakis (2018) τονίζουν ότι τα προγράμματα Ποσοτικής Χαλάρωσης από τις Fed, ECB, BoE και BoJ μείωσαν τις αποδόσεις των μακροχρόνιων ομολόγων παγκοσμίως. Ο Neely (2012) σημειώνει ότι το πρώτο πρόγραμμα αγοράς κυβερνητικών ομολόγων σε μεγάλη κλίμακα (LSAP) από την Fed μείωσε τις αποδόσεις των ομολόγων στις Η.Π.Α., όπως και σ' άλλες χώρες. Οι Lavigne et al. (2014), επισημαίνουν ότι πολιτικές Ποσοτικής Χαλάρωσης της Fed προκάλεσαν μεταβολές στις ροές κεφαλαίων προς τις αναδυόμενες οικονομίες (EMEs). Στο ίδιο συμπέρασμα καταλήγει και ο Kawai (2015), ο οποίος, παράλληλα, διαπιστώνει την αρνητική διάσταση του φαινομένου όσον αφορά τις EMEs. Οι Fratzscher et al (2013) αποδίδουν στο QE1 κινήσεις κεφαλαίων από αναπτυσσόμενες χώρες προς τις Η.Π.Α., ενώ αντίθετα για το QE2 παρατηρούν ότι οι κινήσεις κεφαλαίων αυτή τη φορά γίνονται από τις Η.Π.Α. προς τις αναπτυσσόμενες χώρες. Παράλληλα, στην ίδια έρευνα γίνεται λόγος για θετικές επιδράσεις στα χρηματιστήρια (μετοχών) παγκοσμίως ως αποτέλεσμα του QE2 της Fed. Επιπρόσθετα, έχει εκτιμηθεί ότι οι διεθνείς επιδράσεις των πολιτικών QE στις Η.Π.Α επηρέασαν περισσότερο τις EMEs. Πιο συγκεκριμένα, ο Kiendrebeogo (2016) έδειξε ότι η μη συμβατική πολιτική της Fed, μετά το ξέσπασμα της παγκόσμιας οικονομικής κρίσης, επηρέασε περισσότερο στο να κινηθούν επενδυτικά κεφάλαια προς αναπτυσσόμενες χώρες, παρά σε αναπτυγμένες. Επιπλέον, έχει υποστηριχθεί ότι QE πολιτικές που έλαβαν χώρα σε Η.Π.Α., Ευρωπαϊκή Ένωση και Ιαπωνία συνδέονται με αυξήσεις σε τιμές μετοχών αναδυόμενων ασιατικών οικονομιών (Miyakoshi et al., 2017). Επιπρόσθετα, τη σύνδεση μεταξύ των QE πολιτικών της Fed και των επιπτώσεών τους στις EMEs αποδεικνύουν οι Bhattarai et al. (2015) χρησιμοποιώντας μια Bayesian Panel VAR μεθοδολογία και δεδομένα από τον Ιανουάριο του 2008 έως το Νοέμβριο του 2014. Πιο αναλυτικά, δείχνουν ότι ένα σοκ που απορρέει από μια QE πολιτική στις Η.Π.Α., ισοδυναμεί με συναλλαγματικές ανατιμήσεις, πτώση των αποδόσεων των μακροχρόνιων ομολόγων, αυξήσεις στις τιμές των μετοχών και εισροές κεφαλαίων για τις EMEs.

Αναφορικά με τις χώρες στις οποίες ασκήθηκε μη συμβατική νομισματική πολιτική, οι Thornton & di Tommaso (2018), υποστηρίζουν ότι τα συναλλάγματά τους παρουσίασαν μεγαλύτερη μεταβλητότητα και υποτίμηση συγκριτικά με τα συναλλάγματα των χωρών που δεν εφαρμόστηκαν τέτοιες πολιτικές. Στην ίδια κατεύθυνση, τα πορίσματα της έρευνας των Kenourgios et al. (2015a) επισημαίνουν ότι οι QE ανακοινώσεις από την ECB αυξάνουν τη μεταβλητότητα του ευρώ σ' «παράθυρα χρόνου» ωρών πριν και μετά τις ανακοινώσεις. Όμως, τα αντίστοιχα συμπεράσματα που προκύπτουν για τη στερλίνα και το γιέν, υποδεικνύουν ότι η

μεταβλητότητά τους μένει ανεπηρέαστη, όπως επίσης και η υπό συνθήκη συσχέτισή τους, όταν γίνονται οι ανακοινώσεις από τις BoE και BoJ. Στα ίδια πλαίσια μελέτης και μεθοδολογίας, η δεσμευμένη συσχέτιση μεταξύ ευρώ-στερλίνας μειώνεται κατά τις QE ανακοινώσεις από την BoE. Σ' έρευνα για τις επιδράσεις των QE της Fed στη μεταβλητότητα των συναλλαγμάτων δέκα ασιατικών χωρών (Χονγκ Κονγκ, Νότια Κορέα, Μαλαισία, Φιλιππίνες, Σιγκαπούρη, Ταϊβάν, Ταϊλάνδη, Κίνα, Ινδία και Ινδονησία), έχουμε αναφορές για μείωση της κατά τη διάρκεια των προγραμμάτων ( Liao et al., 2018). Αντίθετα, οι Yang & Zhou (2016) τονίζουν ότι η μη συμβατική πολιτική της Fed και πιο συγκεκριμένα τα προγράμματα Ποσοτικής Χαλάρωσης, είναι υπεύθυνα για μετάδοση μεταβλητότητας από τις Η.Π.Α. στις διεθνείς αγορές. Πιο αναλυτικά, στην έρευνά τους έδειξαν ότι η διάδοση μεταβλητότητας από την χρηματιστηριακή αγορά των Η.Π.Α. στις διεθνείς χρηματιστηριακές αγορές και αγορές εμπορευμάτων, «εντατικοποιήθηκε» στην περίοδο μελέτης τους, η οποία περιλαμβάνει τα μη συμβατικά μετρά της Fed. Επιπρόσθετα, αναφέρουμε ότι, σύμφωνα με τους Steeley & Matyushkin (2015), η υιοθέτηση πολιτικής Ποσοτικής Χαλάρωσης από την BoE μείωσε την μεταβλητότητα της αγοράς κρατικών ομολόγων στο Ηνωμένο Βασίλειο. Ο Steeley (2015) υποστηρίζει, επίσης, ότι σημειώθηκε πτώση στη μεταβλητότητα και για τις τιμές των μετοχών ως απόρροια των QE πολιτικών της BoE.

### *1.2.1 Σκοπός και ερευνητικά ερωτήματα της μελέτης*

Η ανάλυση μας αποσκοπεί να συνεισφέρει με τρεις τρόπους στην βιβλιογραφία, που αναφέρεται στη μη συμβατική πολιτική της Ποσοτικής Χαλάρωσης και στις διεθνείς της επιδράσεις, οι οποίοι είναι: 1) Διερευνώντας την ύπαρξη και το είδος της επίδρασης της εφαρμογής των προγραμμάτων QE από την Fed στη μεταβλητότητα των συναλλαγματικών αποδόσεων του ευρώ, της στερλίνας και του γιέν 2) Με δεδομένο ότι το δείγμα μας καλύπτει τα χρονικά διαστήματα που έλαβαν χώρα τα QE1, QE2, Operation Twist και QE3, αλλά κι ένα διάστημα που ακολούθησε της ολοκλήρωσης του QE3, θα εξετάσουμε τη χρονικά μεταβαλλόμενη βέλτιστη αναλογία αντιστάθμισης (hedge ratio) για τα ίδια συναλλάγματα και θα εντοπίσουμε που παρουσιάζονται ευκαιρίες αντιστάθμισης 3) Κατασκευάζοντας χαρτοφυλάκια ελάχιστης διακύμανσης των συναλλαγμάτων, θα μελετήσουμε τις σταθμίσεις τους να εξελίσσονται στον χρόνο και κατ' επέκταση θα εξάγουμε



συμπεράσματα για τη σύσταση των χαρτοφυλακίων και θα καταγράψουμε τις επιρροές που είχαν στην ίδια οι QE πολιτικές (της Fed), όπου είναι εφικτό.

Μια συνοπτική παρουσίαση των ερευνητικών ερωτημάτων είναι η εξής:

- « Πώς επηρέασε η εφαρμογή των προγραμμάτων Ποσοτικής Χαλάρωσης της Fed την μεταβλητότητα των αποδόσεων του ευρώ, της στερλίνας και του γιέν; »
- « Μελετώντας τις συναλλαγματικές ισοτιμίες EUR/USD, GBP/USD και JPY/USD, με ποιους τρόπους θα μπορούσε να επιτευχθεί η βέλτιστη αντιστάθμιση κινδύνου για το χρονικό ορίζοντα του δείγματός μας, ο οποίος περιλαμβάνει τις περιόδους εφαρμογής QE και το κρίσιμο διάστημα που ακολουθεί ; »
- « Για το χρονικό ορίζοντα που εξετάζει η έρευνα, ποια είναι η σύσταση των χαρτοφυλακίων ελάχιστης διακύμανσης που περιλαμβάνουν ευρώ, στερλίνα και γιέν, πώς μεταβάλλεται η ίδια στο χρόνο και πως διαμορφώνονται οι σταθμίσεις της σε περιόδους άσκησης QE πολιτικής από την Fed ; »

## Κεφάλαιο 2

### Η υποδειγματοποίηση του κινδύνου και η διαχείρισή του

Ένας από τους κεντρικούς άξονες της θεωρίας χαρτοφυλακίου (portfolio theory) είναι η διερεύνηση και η προσέγγιση του κινδύνου (risk) που εμπερικλείει κάθε επένδυση. Γενικά, ο κίνδυνος είναι η πιθανότητα εμφάνισης ενός μη επιθυμητού αποτελέσματος μιας ενέργειας που έχει αναληφθεί ή θα αναληφθεί. Ο κίνδυνος της επένδυσης (τοποθέτησης) εκφράζεται με τη **μεταβλητότητα (volatility)** των μελλοντικών εισροών, **αποδόσεων** ή τιμών μιας επένδυσης (Αγγελόπουλος, 2010). Η **υποδειγματοποίηση της μεταβλητότητας**, λοιπόν, ισοδυναμεί με την **υποδειγματοποίηση του κινδύνου**.

#### 2.1 Η έννοια της χρονολογικής σειράς

Η σειρά των τιμών μιας μεταβλητής που μεταβάλλεται μέσα στο χρόνο, καλείται χρονολογική σειρά<sup>2</sup> και θεωρούμε τις τιμές « $x_1, x_2, \dots, x_T$ » σαν παρατηρήσεις ή πραγματοποιήσεις των τυχαίων μεταβλητών  $X_1, X_2, \dots, X_T$  (Συριόπουλος, 2004). Από μαθηματική σκοπιά, η ακολουθία τυχαίων μεταβλητών με χρονικούς δείκτες ονομάζεται στοχαστική ανέλιξη (Wooldridge, 2013) ή στοχαστική διαδικασία. Κάθε μια από τις τυχαίες μεταβλητές που απαρτίζουν τη στοχαστική διαδικασία έχει τη δική της κατανομή πιθανότητας και όλες μαζί αποτελούν μια οικογένεια από κοινού κατανεμημένων τυχαίων μεταβλητών (Δημελή, 2013).

Το απλούστερο δυνατό σχήμα χρονολογικής σειράς είναι η στοχαστική διαδικασία λευκού θορύβου (*white noise*), η οποία στην ουσία δεν έχει κανένα ευκρινές σχήμα ή πρότυπο (Δημελή, 2013). Έστω, συμβολίζουμε με  $u_t$  μια χρονοσειρά λευκού θορύβου. Τότε γι' αυτήν θα ισχύουν οι παρακάτω ιδιότητες:

- $E(u_t) = 0$ , για κάθε  $t$
- $E(u_t)^2 = h_u$ , για κάθε  $t$
- $E(u_t u_{t-k}) = 0$ , για κάθε  $t$  και  $k \neq 0$

Όπου  $h$  η διακύμανση

---

<sup>2</sup> Στην εργασία θα χρησιμοποιούμε επίσης και τον όρο «χρονοσειρά»

Η Δημελή (2013), επίσης, σημειώνει ότι μια τυχαία διαδικασία που σχετίζεται στενά με τη διαδικασία του λευκού θορύβου είναι η διαδικασία ανεξάρτητων και ισόνομα κατανεμημένων τυχαίων μεταβλητών ή *iid* διαδικασία. Μια ακολουθία τυχαίων μεταβλητών  $u_t$  θα είναι *iid* όταν γι' αυτήν ισχύουν οι παρακάτω ιδιότητες:

- $E(u_t) = \mu$
- $E(u_t)^2 = h_u$ , σταθερή για κάθε  $t$
- $u_t$  ανεξάρτητα από τα  $u_k$ , για κάθε  $t$  και  $k$ ,  $t \neq k$

Τέλος, ο Χάλκος (2011, α) αναφέρει ότι ο τυχαίος περίπατος μιας χρονολογικής σειράς  $Y_t$  μπορεί να εκφραστεί ως:

$$Y_t = Y_{t-1} + u_t$$

$$Y_t - Y_{t-1} = u_t$$

$$\Delta Y_t = u_t$$

όπου  $u_t$  λευκός θόρυβος

## 2.2 Μεταβλητότητα χρονολογικών σειρών

Οι Boffeli & Urga (2016) σημειώνουν ότι η μεταβλητότητα χρησιμοποιείται για να μετρήσουμε τη μεταβολή μιας χρηματοοικονομικής σειράς στο χρόνο και ότι υπάρχουν διάφοροι τρόποι υπολογισμού της, με τον πιο απλό να είναι αυτός της ιστορικής μεταβλητότητας, ο οποίος ορίζεται ως η τυπική απόκλιση παρελθουσών παρατηρήσεων της χρονολογικής σειράς. Οι Peña et al. (2001) αναφέρουν ότι οι αλλαγές στη διακύμανση ονομάζονται μεταβλητότητα στη βιβλιογραφία των Χρηματοοικονομικών. Σε ίδια κατεύθυνση, ο Tsay (2010) ορίζει την μεταβλητότητα των αποδόσεων ως τη διαδικασία που συνδέεται με την εξέλιξη της υπό συνθήκη διακύμανσης των αποδόσεων στο χρόνο. Οι Asteriou & Hall (2016) χρησιμοποιούν τον όρο «μεταβλητότητα» για να αναφερθούν στη διακύμανση. Όπως γίνεται αντιληπτό, στη βιβλιογραφία υπάρχουν διάφορες παραλλαγές για τη σημασία του όρου μεταβλητότητα. Στην παρούσα εργασία, θα ακολουθήσουμε τους Asteriou & Hall (2016) και όταν αναφερόμαστε στη μεταβλητότητα θα εννοούμε τη διακύμανση.

Η εμπειρική έρευνα έχει αποδείξει ότι η μεταβλητότητα σε χρόνο  $t$  εξαρτάται από τη μεταβλητότητα σε χρόνο  $t-1$  (Boffeli & Urga, 2016). Συχνά, λοιπόν, οι χρηματοοικονομικές

σειρές παρουσιάζουν περιόδους ασυνήθιστα υψηλής μεταβλητότητας να ακολουθούνται από πιο ομαλές περιόδους χαμηλής μεταβλητότητας. Αυτό το φαινόμενο ονομάζεται ομαδοποίηση μεταβλητότητας (volatility clustering) (Asteriou & Hall, 2016). Οι Boffeli & Urga (2016) αποδίδουν την ύπαρξη αυτού του φαινομένου στα εξής:

- 1) Οι πληροφορίες γίνονται διαθέσιμες ταυτόχρονα, αλλά κάποιες απ' αυτές έχουν μεγαλύτερη επίδραση, όπως για παράδειγμα εκείνες που αφορούν μακροοικονομικά δεδομένα
- 2) Διαφορετική ζώνης ώρας και διαφορές στις ώρες που γίνονται οι αγοραπωλησίες (π.χ. στο χρηματιστήριο μετοχών). Μια συλλογή πληροφοριών που προέρχονται από κάποιες αγορές μπορεί να εισέλθουν σε μια αγορά στο άνοιγμα της. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι το γεγονός ότι οι πληροφορίες για την ευρωπαϊκή οικονομία, εισέρχονται στις αμερικάνικες αγορές κατά το άνοιγμά τους
- 3) Ψυχολογικές επιδράσεις εξαιτίας της άφιξης σημαντικών πληροφοριών, οι οποίες δημιουργούν αβεβαιότητα για το ευρύτερο οικονομικό «κλίμα». Σ' ένα περιβάλλον που επικρατεί αναταραχή, η επίδραση των πληροφοριών ενισχύεται.

Δύο ακόμη χαρακτηριστικά των χρηματοοικονομικών σειρών είναι:

- 1) το λεγόμενο αποτέλεσμα μόχλευσης (*leverage effect*)<sup>3</sup>, που περιγράφει ότι η μεταβλητότητα έχει την τάση να αυξάνεται περισσότερο μετά από μια πτώση της τιμής συγκριτικά με μια άνοδο (της τιμής) ίδιου μεγέθους (Brooks, 2008)
- 2) η λεπτόκυρτη και με «παχιές ουρές» (fat tails) κατανομή των αποδόσεων (Δημελή, 2013)

Οι Gujarati and Porter (2013) επισημαίνουν ότι η γνώση της μεταβλητότητας είναι ζωτικής σημασίας σε πολλούς τομείς. Ενδεικτικά, στις περιπτώσεις των εισαγωγέων, εξαγωγέων, αγοραστών ξένου συναλλάγματος και επενδυτών στο χρηματιστήριο, η μεταβλητότητα θα μπορούσε να σημάνει τεράστια κέρδη ή τεράστιες απώλειες και επομένως αβεβαιότητα.

Τα παραπάνω, λοιπόν, δημιουργούν και εντείνουν το ερώτημα: «Πώς μπορούμε να υποδειγματοποιήσουμε την χρονικά μεταβαλλόμενη διακύμανση;». Η πρώτη απάντηση ιστορικά γι' αυτό μας δίνεται το 1982 από τον Engle με την έρευνα του που είχε τίτλο «Autoregressive Conditional Heteroskedasticity with Estimates of the Variance of United Kingdom Inflation».

---

<sup>3</sup> ή αποτέλεσμα ασυμμετρίας (*asymmetric effect*)

### 2.2.1 Μονομεταβλητά (G)ARCH υποδείγματα

Αρχικά, θα ορίσουμε κάποιες έννοιες με σκοπό να διευκολύνουμε την μετέπειτα παρουσίαση των υποδειγμάτων.

Οι Συριόπουλος & Φίλιππας (2010) ορίζουν για μια  $Y_t$  χρονολογική σειρά:

- Τον μη υπό συνθήκη μέσο ως  $E(Y_t) = \mu$ , ο οποίος είναι ένας αριθμός και δείχνει την πρόβλεψη της χρονολογικής σειράς όταν δεν διαθέτουμε καμιά πληροφορία από τις προηγούμενες τιμές της σειράς.
- Την μη υπό συνθήκη διακύμανση ως  $h = E(Y_t - \mu)^2$

Αναφορικά με τον υπό συνθήκη μέσο και την υπό συνθήκη διακύμανση, η Δημελή (2013) σημειώνει: Για μια χρονοσειρά  $Y_t$ , υπό τη συνθήκη ότι είναι γνωστό το σύνολο των διαθέσιμων πληροφοριών  $\Phi_{t-1}$  μέχρι την περίοδο  $t-1$ , προκύπτει ότι:

- Ο υπό συνθήκη (ή δεσμευμένος) μέσος είναι  $\mu_t = E(Y_t | \Phi_{t-1})$
- Η υπό συνθήκη (ή δεσμευμένη) διακύμανση (conditional variance) είναι  $h_t = E\{ (Y_t - \mu_t)^2 | \Phi_{t-1} \} = E(u_t^2 | \Phi_{t-1})$ . Το σύνολο πληροφοριών  $\Phi_{t-1}$  περιλαμβάνει όλες τις περασμένες τιμές της υπό εξέταση χρονολογικής σειράς. Η εξίσωση του μέσου μπορεί να πάρει τη μορφή ενός ARMA(p,q) υποδείγματος.

Σε αντίθεση με τη κλασική οικονομετρική προσέγγιση, όπου η διακύμανση του διαταρακτικού όρου αντιμετωπίζεται ως σταθερή στο χρόνο (ομοσκεδαστικότητα), στα υποδείγματα των χρονολογικών σειρών η διακύμανση των καταλοίπων μεταβάλλεται στο χρόνο και σχετίζεται με το ποσό της μεταβλητότητας των υστερήσεων. Αυτό σημαίνει ότι τα κατάλοιπα παρουσιάζουν μια ετεροσκεδαστικότητα η οποία εξαρτάται από τις ιστορικές τιμές τους. Σ' αυτήν την περίπτωση, τα κατάλοιπα δεν εμφανίζουν απλά αυτοσυσχέτιση, αλλά εμφανίζουν το φαινόμενο της αυτοπαλίνδρομης υπό συνθήκη ετεροσκεδαστικότητας/ARCH (Autoregressive Conditional Heteroskedasticity), δηλαδή η διακύμανση των καταλοίπων είναι συνάρτηση των ιστορικών τιμών τους (Συριόπουλος & Φίλιππας, 2010).

Το υπόδειγμα ARCH(q) του Engle (1982) εκφράζει την υπό συνθήκη διακύμανση των καταλοίπων σε χρόνο  $t$  ως συνάρτηση των τετραγώνων των καταλοίπων με υστέρηση. Έστω, λοιπόν, τα κατάλοιπα του υποδείγματος για χρονολογική σειρά είναι  $u_t$ . Τότε, το υπόδειγμα  $q$  τάξης ARCH έχει τις ιδιότητες και ορίζεται ως:

$$\begin{aligned} u_t &= \varepsilon_t \sqrt{h_t}, & \varepsilon_t &\sim iid(0,1) \\ h_t &= \omega + \alpha_1 u_{t-1}^2 + \alpha_2 u_{t-2}^2 + \dots + \alpha_q u_{t-q}^2 \\ u_t | \Phi_{t-1} &\sim N(0, h_t) \\ E(\varepsilon_t, u_t) &= 0 \end{aligned}$$

όπου  $\varepsilon_t | \Phi_{t-1}$  είναι μια *iid* διαδικασία που ακολουθεί την τυποποιημένη κανονική κατανομή,  $\Phi_{t-1}$  οι διαθέσιμες πληροφορίες ως τη χρονική στιγμή  $t-1$ ,  $h_t$  η υπό συνθήκη διακύμανση των καταλοίπων,  $\omega$  είναι μια σταθερά

Οι συνθήκες που πρέπει να ικανοποιούνται είναι:

1.  $\omega > 0$  και  $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_q \geq 0$
2. Η διακύμανση των  $u_t$  πρέπει να είναι πεπερασμένη:  $\sum_{i=1}^q \alpha_i < 1$

Η μη υπό συνθήκη διακύμανση (long-run variance) δίνεται από:

$$h = \frac{\omega}{1 - \sum_{i=1}^q \alpha_i}$$

Οι εκτιμήσεις δίνονται με τη μέθοδο μέγιστης πιθανοφάνειας (Maximum Likelihood Estimation) και πιο συγκεκριμένα μεγιστοποιώντας τη λογαριθμική συνάρτηση πιθανοφάνειας.

Με βάση τα παραπάνω είναι σαφές ότι τα κατάλοιπα  $u_t$  πλέον ακολουθούν κατανομή, όπου η διακύμανση είναι χρονικά μεταβαλλόμενη. Ο Tsay (2010) σημειώνει σ' ένα ARCH(q) υπόδειγμα, παρελθόντα μεγάλα σοκ έχουν την τάση να ακολουθούνται από ένα ακόμη μεγάλο σοκ. Αυτό γίνεται ορατό αν παρατηρήσουμε το γεγονός:

- τα τετράγωνα των καταλοίπων με υστέρηση  $\{u_{t-i}^2\}_{i=1}^m$  υποδηλώνουν και μεγαλύτερη υπό συνθήκη διακύμανση  $h_t$  για το σοκ  $u_t$

Ειδικότερα, μια διαδικασία Αυτοπαλίνδρομης Υπό Συνθήκη Ετεροσκεδαστικότητας πρώτης τάξης (ARCH(1)) μπορεί να γραφτεί ως εξής:

$$u_t = \varepsilon_t \sqrt{h_t}, \quad \varepsilon_t \sim iid(0,1)$$

$$h_t = \omega + \alpha_1 u_{t-1}^2$$

$$u_t | \Phi_{t-1} \sim N(0, h_t)$$

$$E(\varepsilon_t, u_t) = 0$$

Το  $h_t$  είναι η υπό συνθήκη διακύμανση των καταλοίπων:

$$h_t = \text{Var}(u_t | \Phi_{t-1}) = E[\{\varepsilon_t^2(\omega + \alpha_1 u_{t-1}^2)\} | \Phi_{t-1}]$$

$$h_t = E(\varepsilon_t^2 \omega | \Phi_{t-1}) + E(\varepsilon_t^2 \alpha_1 u_{t-1}^2 | \Phi_{t-1})$$

$$h_t = \omega + \alpha_1 u_{t-1}^2$$

Υπολογίζοντας την αναμενόμενη τιμή της διαδικασίας, προκύπτει:

$$E(u_t) = E(\varepsilon_t \sqrt{h_t})$$

$$E(u_t) = E(\varepsilon_t \sqrt{\omega + \alpha_1 u_{t-1}^2})$$

$$E(u_t) = E(\varepsilon_t) E(\sqrt{\omega + \alpha_1 u_{t-1}^2})$$

$$E(u_t) = 0$$

Για την μη υπό συνθήκη διακύμανση ( $h$ ) έχουμε:

$$h = \text{Var}(u_t)$$

$$h = E[\{u_t - E(u_t)\}^2]$$

$$h = E(u_t^2)$$

$$h = E\{\varepsilon_t^2(\omega + \alpha_1 u_{t-1}^2)\}$$

$$h = E(\varepsilon_t^2 \omega) + E(\varepsilon_t^2 \alpha_1 u_{t-1}^2)$$

$$h = \omega + \alpha_1 E(u_{t-1}^2)$$

$$h = \omega + \alpha_1 h$$

$$\text{κι επομένως: } h = \frac{\omega}{1 - \alpha_1}$$

το οποίο ορίζεται για  $\omega > 0$  και  $0 \leq \alpha_1 < 1$

Χρησιμοποιώντας το ARCH(q) για χρηματοοικονομικές αποδόσεις και κάνοντας την υπόθεση ότι οι ίδιες υπό συνθήκη κατανέμονται κανονικά (conditionally normally distributed), οι εκτιμήσεις του υποδείγματος δίνονται μεγιστοποιώντας την ακόλουθη λογαριθμική συνάρτηση πιθανοφάνειας:

$$\ln L = -\frac{T}{2} \ln(2\pi h_t) - \frac{1}{2} \sum_{t=2}^T \frac{u_t^2}{h_t}$$

Θα πρέπει να αναφερθεί, όμως, ότι στην πράξη για ένα ARCH(q) συχνά απαιτείται ένα μεγάλος αριθμός q για να έχουμε καλή προσαρμογή του υποδείγματος στα δεδομένα και κατά συνέπεια πρέπει να εκτιμήσουμε ένα μεγάλο αριθμό παραμέτρων (Zivot & Wang, 2006). Οι Boffeli & Urga (2016) υπογραμμίζουν ότι ένα «υπερ-παραμετροποιημένο» (*overparameterized*) υπόδειγμα ARCH δεν μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για να κάνουμε προβλέψεις, ενώ ενδεχομένως να έχουμε και προβλήματα εκτίμησης των παραμέτρων του. Επομένως, είναι σαφές ότι τα ARCH υποδείγματα διέπονται από σοβαρούς περιορισμούς.

Στηριζόμενος σε μια ιδέα του Engle ότι το ARCH υπόδειγμα έμοιαζε περισσότερο με υπόδειγμα κινητών μέσων παρά σαν αυτοπαλίνδρομο, ο Bollerslev το 1986 γενίκευσε την εξίσωση της ARCH διακύμανσης σε μορφή ARMA (Δημελή, 2013). Το υπόδειγμα που εισήγαγε στη βιβλιογραφία ο Bollerslev (1986) με την έρευνα του που είχε τίτλο «Generalised Autopgressive Conditional Heteroskedasticity», ονομάζεται εν συντομία GARCH(p,q) και η υπό συνθήκη διακύμανση παίρνει πλέον την εξής μορφή:

$$h_t = \omega + \sum_{i=1}^p \beta_i h_{t-i} + \sum_{j=1}^q \alpha_j u_{t-j}^2$$

$$u_t = \varepsilon_t \sqrt{h_t}, \quad u_t | \Phi_{t-1} \sim N(0, h_t), \quad \varepsilon_t \sim iid(0,1),$$

όπου:

$$\omega > 0$$

$\alpha_j \geq 0$  με  $j = 1, 2, \dots, q$  και  $\beta_i \geq 0$  με  $i = 1, 2, \dots, p$  (η διακύμανση πρέπει να είναι πάντοτε θετική)

Σ' αυτήν την περίπτωση το p υποδεικνύει τον αριθμό των υστερήσεων για την υπό συνθήκη διακύμανση (αντανακλά την εμμονή (persistence) που συχνά εμφανίζεται σε εμπειρικές μελέτες



(Συριόπουλος & Φίλιππας, 2010) ) και το q τον αριθμό των υστερήσεων για τα τετράγωνα των καταλοίπων. Επομένως, για  $p = 0$  το GARCH(p,q) μετατρέπεται σ' ένα ARCH(q) υπόδειγμα.

Η πιο απλή μορφή που μπορεί να πάρει ένα GARCH(p,q) υπόδειγμα είναι το GARCH(1,1):

$$h_t = \omega + \beta_1 h_{t-1} + \alpha_1 u_{t-1}^2$$

όπου πρέπει να ικανοποιούνται οι συνθήκες:

$$\beta_1 + \alpha_1 < 1$$

Η αναμενόμενη τιμή της GARCH(1,1) διαδικασίας είναι:

$$E(u_t) = E(\varepsilon_t \sqrt{h_t})$$

$$E(u_t) = E(\varepsilon_t \sqrt{\omega + \beta_1 h_{t-1} + \alpha_1 u_{t-1}^2})$$

$$E(u_t) = E(\varepsilon_t) E(\sqrt{\omega + \beta_1 h_{t-1} + \alpha_1 u_{t-1}^2})$$

$$E(u_t) = 0$$

Για την μη υπό συνθήκη διακύμανση (h) έχουμε:

$$h = \text{Var}(u_t)$$

$$h = E[\{u_t - E(u_t)\}^2]$$

$$h = E(u_t^2)$$

$$h = E\{\varepsilon_t^2(\omega + \beta_1 h_{t-1} + \alpha_1 u_{t-1}^2)\}$$

$$h = E(\varepsilon_t^2 \omega) + E(\varepsilon_t^2 \beta_1 h_{t-1}) + E(\varepsilon_t^2 \alpha_1 u_{t-1}^2)$$

$$h = \omega + \beta_1 E(h_{t-1}) + \alpha_1 E(u_{t-1}^2)$$

$$h = \omega + \beta_1 h + \alpha_1 h$$

$$\text{κι επομένως: } h = \frac{\omega}{1 - \beta_1 - \alpha_1}$$

το οποίο ορίζεται για  $\omega > 0$  και  $0 \leq \alpha_1 + \beta_1 \leq 1$

Επίσης, ένα GARCH(1,1) υπόδειγμα μπορεί να γραφτεί ως ένα υπόδειγμα ARCH άπειρης τάξης που παίρνει τη μορφή (Asteriou & Hall, 2016) :

$$h_t = \frac{\omega}{1-\beta_1} + \alpha_1 \sum_{j=1}^{\infty} \beta_1^{j-1} u_{t-j}^2$$

### **Αποτέλεσμα Μόχλευσης/Ασυμμετρίας και μονομεταβλητό GARCH υπόδειγμα**

Μια αξιοσημείωτη αδυναμία των υποδειγμάτων ARCH και GARCH που παρουσιάστηκαν ως τώρα είναι ότι δεν μπορούν να κάνουν διάκριση ανάμεσα σε θετικές και αρνητικές μεταβολές στον διαταρακτικό όρο. Με δεδομένο ότι οι τιμές των καταλοίπων με υστερήσεις εισέρχονται στις εξισώσεις των υπό συνθήκη διακυμάνσεων σε τετράγωνο, αυτό που επηρεάζει την  $h_t$  είναι το απόλυτο μέγεθος των καταλοίπων και όχι το πρόσημό τους (Asteriou & Hall, 2016). Επομένως, ένα μεγάλο και αρνητικό σοκ θα έχει ακριβώς την ίδια επίδραση στη μεταβλητότητα μ' ένα μεγάλο και θετικό. Όπως έχουμε τονίσει, όμως, ένα από τα χαρακτηριστικά των χρηματοοικονομικών χρονολογικών σειρών είναι το αποτέλεσμα μόχλευσης/ασυμμετρίας. Μια πιθανή επιλογή εξειδίκευσης που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την υπέρβαση αυτού του περιορισμού είναι το GJR-GARCH υπόδειγμα, το οποίο εισήγαγαν στη βιβλιογραφία οι Glosten, Jagannathan και Runkle το 1993 και είναι συνεπές προς αυτήν την ιδιότητα των χρονοσειρών. Πιο συγκεκριμένα, για  $p=q=1$  προκύπτει:

$$\text{GJR-GARCH: } h_t = \omega + \beta_1 h_{t-1} + \alpha_1 u_{t-1}^2 + \delta I(u_{t-1} < 0) u_{t-1}^2$$

όπου:

$\delta$  είναι η παράμετρος που αναφέρεται στο αποτέλεσμα μόχλευσης/ασυμμετρίας και αναμένουμε για χρηματοοικονομικά δεδομένα να είναι θετική ως προς το πρόσημο,  $I$  η δείκτρια συνάρτηση που παίρνει την τιμή «1», όταν  $u_{t-1} < 0$  και την τιμή «0» στις υπόλοιπες περιπτώσεις.

Μ' αυτήν την υποδειγματοποίηση γίνεται εφικτό τα «θετικά νέα» και οι «αρνητικές διαταραχές» να έχουν διαφορετική επίδραση στη δεσμευμένη διακύμανση. Στην πρώτη περίπτωση η επίδραση είναι  $\alpha_1$ , ενώ στη δεύτερη ( $\alpha_1 + \delta$ ). Αν  $\delta = 0$ , τότε δεν έχουμε ένδειξη παρουσίας αποτελέσματος μόχλευσης στα δεδομένα μας.

### 2.2.2 Πολυμεταβλητά υποδείγματα GARCH

Αν έχουμε μια βάση δεδομένων κάποιων μεταβλητών, συχνά είναι λογικό να επιχειρήσουμε να υποδειγματοποιήσουμε συγχρόνως την υπό συνθήκη μεταβλητότητά τους, ειδικά στις περιπτώσεις των χρηματοοικονομικών σειρών οι οποίες παρουσιάζουν μεταξύ τους συσχέτιση (Gregoriou, 2009). Η μετάβαση από τα μονομεταβλητά υποδείγματα GARCH (Univariate GARCH Model) στα πολυμεταβλητά (Multivariate GARCH Model) δεν άργησε να συμβεί.

O Brooks (2008) αναφέρει ότι τα Multivariate GARCH παρουσιάζουν ομοιότητες με τα Univariate GARCH, με την εξαίρεση, όμως, ότι τα πρώτα (επιπλέον) υποδειγματοποιούν την χρονικά μεταβαλλόμενη συνδιακύμανση των μεταβλητών. Στην ίδια κατεύθυνση, ο Enders (2015) επισημαίνει ότι η «δομή» των πολυμεταβλητών GARCH υποδειγμάτων ενδείκνυται για τις περιπτώσεις όπου οι διαταραχές, που συμβαίνουν ταυτόχρονα (contemporaneous shocks) στις μεταβλητές, παρουσιάζουν μεταξύ τους συσχέτιση. Ένα ακόμη πλεονέκτημα τους είναι ότι επιτρέπουν την υποδειγματοποίηση της διάδοσης μεταβλητότητας μεταξύ των μεταβλητών (*volatility spillover*), υπό την έννοια ότι ένα σοκ στην υπό συνθήκη διακύμανση μιας μεταβλητής μπορεί να επηρεάσει την υπό συνθήκη διακύμανση των άλλων (Enders, 2015). Γενικά, αυτά τα υποδείγματα λόγω των ιδιοτήτων τους βρίσκουν ένα μεγάλο εύρος εφαρμογής και ιδιαίτερα στη διαχείριση του χαρτοφυλακίου και του ρίσκου/κινδύνου.

Όπως και στην περίπτωση των μονομεταβλητών GARCH, ο αριθμός των υπαρχουσών παραμετροποιήσεων είναι μεγάλος σε σημείο που ξεφεύγει από τα πλαίσια της παρούσας εργασίας να παρουσιαστούν όλες<sup>4</sup>. Επιλέξαμε, λοιπόν, να περιοριστούμε στο να παρουσιάσουμε την VECM και Diagonal VECM εξειδίκευση, που εμφανίστηκαν πρώτες στη βιβλιογραφία των πολυμεταβλητών GARCH, όπως κι εκείνες που συνδέονται με την μεθοδολογική προσέγγιση της έρευνας.

Έστω τα δεδομένα είναι της μορφής:

$RET_t$ , για  $t = 1, 2, \dots, T$

$RET_t$  είναι  $(N \times 1)$  διάνυσμα:  $R_t = (r_{1t}, r_{2t}, \dots, r_{Nt})$ ,  $N$  ο αριθμός των μεταβλητών

---

<sup>4</sup> Ο αναγνώστης παραπέμπεται στην μελέτη των Bauwens et al. (2006) για μια επισκόπηση των Multivariate GARCH υποδειγμάτων

Υποθέτουμε εξίσωση μέσου:

$$RET_t = \mu + U_t$$

$$U_t | \Phi_{t-1} \sim N_N(0, H_t)$$

$$U_t = H_t^{1/2}(\Theta)Z_t$$

όπου:

$\mu$  είναι ένα  $(N \times 1)$  διάνυσμα με σταθερές,  $U_t$  είναι  $(N \times 1)$  διάνυσμα καταλοίπων,  $\Phi_{t-1}$  οι διαθέσιμες πληροφορίες ως τη χρονική στιγμή  $t-1$ ,  $H_t$  η  $[N \times N]$  υπό συνθήκη μήτρα διακυμάνσεων-συνδιακυμάνσεων,  $\Theta$  το σύνολο των παραμέτρων που εξαρτάται η  $H_t$ ,  $Z_t$  είναι  $(N \times 1)$  διάνυσμα Gaussian λευκού θορύβου (Gaussian white-noise process).

### **VECH Model – Bollerslev *et al.* (1988)**

Η VECH εξειδίκευση του πολυμεταβλητού GARCH(p,q) προτάθηκε από τους Bollerslev, Engle και Wooldridge το 1988 και παίρνει την εξής μορφή:

$$\text{vech}(H_t) = \Omega + \sum_{i=1}^q A_i \text{vech}(U_{t-i}U'_{t-i}) + \sum_{j=1}^p B_j \text{vech}(H_{t-j})$$

όπου:

$H_t$  η  $[N \times N]$  υπό συνθήκη μήτρα διακυμάνσεων-συνδιακυμάνσεων,  $\text{vech}()$  ο τελεστής που εισάγει σε διάνυσμα στήλη τα κάτω τριγωνικά στοιχεία ενός συμμετρικού πίνακα,  $\Omega$  είναι ένα διάνυσμα με  $N(N+1)/2$  στοιχεία, οι  $A_i$  και  $B_j$  είναι πίνακες  $[N(N+1)/2 \times N(N+1)/2]$ ,  $[\ ' ]$  συμβολίζει τον ανάστροφο

Ο πίνακας  $H_t$  πρέπει να είναι θετικά ορισμένος και οι ιδιοτιμές του πίνακα  $A+B$  να βρίσκονται μεταξύ -1 και +1.

Για  $p=q=1$  και δύο χρονολογικές σειρές ( $N=2$ ) προκύπτει:

$$\begin{aligned}
\text{vech}\left(\begin{bmatrix} h_{11,t} & h_{12,t} \\ h_{21,t} & h_{22,t} \end{bmatrix}\right) &= \begin{bmatrix} h_{11,t} \\ h_{21,t} \\ h_{22,t} \end{bmatrix} = \\
&= \begin{bmatrix} \omega_1 \\ \omega_2 \\ \omega_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \alpha_{11} & \alpha_{12} & \alpha_{13} \\ \alpha_{21} & \alpha_{22} & \alpha_{23} \\ \alpha_{31} & \alpha_{32} & \alpha_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_{1,t}^2 \\ u_{2,t-1} u_{1,t-1} \\ u_{2,t}^2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \beta_{11} & \beta_{12} & \beta_{13} \\ \beta_{21} & \beta_{22} & \beta_{23} \\ \beta_{31} & \beta_{32} & \beta_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} h_{11,t-1} \\ h_{21,t-1} \\ h_{22,t-1} \end{bmatrix}
\end{aligned}$$

Γενικά, σ' αυτήν την παραμετροποίηση κάθε στοιχείο του πίνακα της υπό συνθήκη μήτρας διακυμάνσεων-συνδιακυμάνσεων εξαρτάται από τα τετράγωνα των καταλοίπων σε υστέρηση και τα cross products των καταλοίπων με υστέρηση, όπως επίσης και από κάθε στοιχείο του πίνακα δεσμευμένων διακυμάνσεων-συνδιακυμάνσεων με υστέρηση. Όπως γίνεται κατανοητό, ο αριθμός των παραμέτρων που πρέπει να εκτιμηθεί είναι μεγάλος και αυτό είναι και ένα βασικό μειονέκτημα αυτού του υποδείγματος. Ο αριθμός αυτός μπορεί να υπολογίζεται στην εκάστοτε περίπτωση ως εξής:

$$N(N+1)/2 + (p+q) \{N(N+1)/2\}^2$$

Οι Boffeli & Urga (2016) αναφέρουν ότι υπό την υπόθεση ότι τα τυποποιημένα κατάλοιπα ακολουθούν την πολυμεταβλητή κανονική κατανομή (*multivariate normal distribution*) μπορούμε να εκτιμήσουμε το VECH υπόδειγμα με τη μέθοδο μέγιστης πιθανοφάνειας και πιο συγκεκριμένα μεγιστοποιώντας τη συνάρτηση λογαριθμικής πιθανοφάνειας:

$$\text{LogL}(\Theta) = -0,5TN\log(2\pi) - 0,5 \sum_{t=1}^T [\log \{ \det(H_t) \} + U_t H_t^{-1} U_t']$$

### **Diagonal VECH Model (DVECH) - Bollerslev et al. (1988)**

Οι Bollerslev, Engle και Wooldridge (1988) εισήγαγαν την εξειδίκευση DVECH, η οποία υποθέτει ότι οι πίνακες  $A_i$  και  $B_j$  του VECH είναι διαγώνιοι.

Για  $p=q=1$  και δύο χρονολογικές σειρές ( $N=2$ ) προκύπτει:

$$\begin{bmatrix} h_{11,t} \\ h_{21,t} \\ h_{22,t} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \omega_1 \\ \omega_2 \\ \omega_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \alpha_{11} & 0 & 0 \\ 0 & \alpha_{22} & 0 \\ 0 & 0 & \alpha_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_{1,t}^2 \\ u_{2,t-1} u_{1,t-1} \\ u_{2,t}^2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \beta_{11} & 0 & 0 \\ 0 & \beta_{22} & 0 \\ 0 & 0 & \beta_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} h_{11,t-1} \\ h_{21,t-1} \\ h_{22,t-1} \end{bmatrix}$$

Ο πίνακας  $H_t$  πρέπει να είναι θετικά ορισμένος.

Γενικά, σ' αυτήν την περίπτωση κάθε δεσμευμένη διακύμανση εξαρτάται μόνο από τα δικά της τετράγωνα των καταλοίπων και τις τιμές της με υστέρηση και κάθε συνδιακύμανση εξαρτάται μόνο στα cross-products των καταλοίπων με υστέρηση και τις τιμές της με υστέρηση. Ο αριθμός των παραμέτρων που πρέπει να εκτιμηθούν μειώνεται σημαντικά σε σχέση με την VECH περίπτωση, παρ' όλα αυτά η υπόθεση ότι η κάθε υπό συνθήκη διακύμανση και συνδιακύμανση εξαρτάται μόνο από τις υστερήσεις τους και τα κατάλοιπά τους σε υστέρηση είναι αρκετά περιοριστική (Boffeli & Urga, 2016).

### **BEKK model – Engle & Kroner (1995)**

Το υπόδειγμα αυτό πήρε το όνομα του από τα αρχικά των ερευνητών που το δημιούργησαν, Baba, Engle, Kraft και Kroner και έχει την εξής μορφή:

$$H_t = C_0^* C_0^* + \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^q A_{ik}^* U_{t-i} U_{t-i}' A_{ik}^* + \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^p B_{jk}^* H_{t-j} B_{jk}^*$$

όπου:

$H_t$  η  $[N \times N]$  υπό συνθήκη μήτρα διακυμάνσεων-συνδιακυμάνσεων, οι  $C_0^*$ ,  $A_{ik}^*$  και  $B_{jk}^*$  είναι  $[N \times N]$  πίνακες παραμέτρων και  $C_0^*$  είναι (άνω) τριγωνικός, η γενικότητα της διαδικασίας (*generality of the process*) καθορίζεται από το  $K$ .

Στην πιο απλή του μορφή για  $K=1$ ,  $p=q=1$ ,  $N=2$ , προκύπτει:

$$H_t = C_0^* C_0^* + \begin{bmatrix} a_{11}^* & a_{21}^* \\ a_{12}^* & a_{22}^* \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_{1,t-1}^2 & u_{1,t-1} u_{2,t-1} \\ u_{2,t-1} u_{1,t-1} & u_{2,t-1}^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_{11}^* & a_{12}^* \\ a_{21}^* & a_{22}^* \end{bmatrix} + \\ + \begin{bmatrix} \beta_{11}^* & \beta_{21}^* \\ \beta_{12}^* & \beta_{22}^* \end{bmatrix} \begin{bmatrix} h_{1,t-1} & h_{12,t-1} \\ h_{21,t-1} & h_{2,t-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta_{11}^* & \beta_{12}^* \\ \beta_{21}^* & \beta_{22}^* \end{bmatrix}$$

Με  $a_{11}^* > 0$  και  $\beta_{11}^* > 0$

Ο πίνακας  $H_t$ , όπως είναι αναμενόμενο, πρέπει να είναι θετικά ορισμένος. Το BEKK υπόδειγμα, όμως, έχει πολύ βοηθητικές ιδιότητες, έτσι ώστε να επιτευχθεί αυτό: 1) Οι τετραγωνικές μορφές του 2<sup>ου</sup> και 3<sup>ου</sup> όρου στο δεξί μέρος της εξίσωσης (Brooks, 2008) 2) Ο πίνακας  $C_0^* C_0^*$  θετικά ορισμένος από την κατασκευή του (Engle & Kroner, 1995).

Έτσι, λοιπόν το BEKK υπόδειγμα εξασφαλίζει μια «πλούσια σύνθεση εξάρτησης» για τις υπό συνθήκη διακυμάνσεις-συνδιακυμάνσεις, η οποία κάνει ορατά φαινόμενα που αφορούν χρηματοοικονομικές σειρές, όπως μετάδοση σοκ και μεταβλητότητας (*shock transmission* και *volatility spillover*), χωρίς να απαιτεί μια πληθώρα περιορισμών όπως η VECM υποδειματοποίηση.

### **CCC/Constant Conditional Correlation – Bollerslev (1990)**

Το υπόδειγμα αυτό διασπάει τη δεσμευμένη μήτρα διακυμάνσεων-συνδιακυμάνσεων σε δύο μέρη: 1) υπό συνθήκη διακυμάνσεις 2) υπό συνθήκη συσχετίσεις. Διευκρινίζουμε, ότι σ' αυτήν την υποδειματοποίηση οι δεσμευμένες διακυμάνσεις-συνδιακυμάνσεις είναι χρονικά μεταβαλλόμενες, αλλά οι υπό συνθήκη συσχετίσεις σταθερές στο χρόνο, όπως υποδεικνύει και το όνομά της. Ο Bollerslev(1990) ορίζει για τη μήτρα  $H_t$ :

$$H_t = D_t R D_t = \rho_{ij} \sqrt{h_{ii,t} h_{jj,t}}$$

όπου:

$D_t$  είναι διαγώνιος πίνακας  $[N \times N]$  των δεσμευμένων τυπικών αποκλίσεων οι οποίες υπολογίζονται από μονομεταβλητά υποδείγματα GARCH(p,q) και παίρνει τη μορφή:

$$\begin{bmatrix} h_{11,t}^{1/2} & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & h_{NN,t}^{1/2} \end{bmatrix}$$

R είναι [N×N] πίνακας μη χρονικά μεταβαλλόμενων δεσμευμένων συσχετίσεων

$$\begin{bmatrix} 1 & \cdots & \rho_{1N} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \rho_{N1} & \cdots & 1 \end{bmatrix}$$

Ο πίνακας  $H_t$  πρέπει να είναι θετικά ορισμένος.

Η διαδικασία εκτίμησης περιλαμβάνει δύο βήματα:

1<sup>ο</sup> : Εκτιμούμε N μονομεταβλητά GARCH για να αποκτήσουμε τις δεσμευμένες τυπικές αποκλίσεις  $h_{ii,t}^{1/2}$  για όλες τις χρονολογικές σειρές και κατ' επέκταση να αποκτήσουμε τα δεδομένα του  $D_t$  πίνακα.

2<sup>ο</sup> : Εκτιμούμε σταθερές χρονικά συσχετίσεις με τον υπολογισμό (Boffeli & Urga, 2016) :

$$\bar{\rho}_{ij} = \frac{\sum_{t=1}^T \frac{u_{i,t}}{\sqrt{\widehat{h}_{i,t}}} \frac{u_{j,t}}{\sqrt{\widehat{h}_{j,t}}}}{\sqrt{\sum_{t=1}^T \left( \frac{u_{i,t}}{\sqrt{\widehat{h}_{i,t}}} \right)^2 \sum_{t=1}^T \left( \frac{u_{j,t}}{\sqrt{\widehat{h}_{j,t}}} \right)^2}}$$

Για N χρονολογικές σειρές και για p και q υστερήσεις, ο αριθμός των παραμέτρων που πρέπει να εκτιμήσουμε είναι:

$$(p+q+1)N + \{N(N-1)/2\}$$

Ο αριθμός των προς εκτίμηση παραμέτρων είναι μικρότερος συγκριτικά με τα VEC, DVECH και BEKK, το οποίο αποτελεί πλεονέκτημα του CCC. Παρ' όλα αυτά θα πρέπει να επισημανθεί ότι η υπόθεση της μη χρονικά μεταβαλλόμενης συσχέτισης είναι αρκετά περιοριστική για την εμπειρική έρευνα στα χρηματοοικονομικά δεδομένα.



Υπό την υπόθεση ότι τα τυποποιημένα κατάλοιπα ακολουθούν την πολυμεταβλητή κανονική κατανομή (*multivariate normal distribution*) μπορούμε να εκτιμήσουμε το CCC υπόδειγμα μεγιστοποιώντας την εξής συνάρτηση λογαριθμικής πιθανοφάνειας (Boffeli & Urga, 2016) :

$$\text{LogL} = -0,5TN\log(2\pi) - 0,5T\log\{\det(R)\} - \sum_{t=1}^T [\log\{\det(D_t)\} + 0,5z_t R^{-1} z_t']$$

όπου  $z_t = D_t^{-1} U_t$  είναι διάνυσμα τυποποιημένων καταλοίπων

### **DCC/Dynamic Conditional Correlation model – Engle (2002)**

Το DCC υπόδειγμα βασίζεται στην ίδια διάσπαση της δεσμευμένης μήτρας διακυμάνσεων-συνδιακυμάνσεων όπως στην περίπτωση του CCC, αλλά σ' αυτήν την περίπτωση οι δεσμευμένες συσχετίσεις αντιμετωπίζονται ως χρονικά μεταβαλλόμενες. Πιο συγκεκριμένα, προκύπτει:

$$H_t = D_t R_t D_t$$

όπου ο πίνακας δεσμευμένων συσχετίσεων  $R_t$  είναι χρονικά μεταβαλλόμενος.

Ο πίνακας  $H_t$  πρέπει να είναι θετικά ορισμένος.

$D_t$  είναι διαγώνιος πίνακας  $[N \times N]$  των δεσμευμένων τυπικών αποκλίσεων οι οποίες υπολογίζονται από μονομεταβλητά υποδείγματα GARCH(p,q) και παίρνει τη μορφή:

$$\begin{bmatrix} h_{11,t}^{1/2} & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & h_{NN,t}^{1/2} \end{bmatrix}$$

Ορίζουμε  $v_t = D_t^{-1} U_t$

Ο  $R_t$  παίρνει τη μορφή:

$$R_t = \text{diag}(q_{11,t}^{-1/2}, q_{22,t}^{-1/2}, \dots, q_{NN,t}^{-1/2}) Q_t \text{diag}(q_{11,t}^{-1/2}, q_{22,t}^{-1/2}, \dots, q_{NN,t}^{-1/2})$$

$$\text{diag}(q_{11,t}^{-1/2}, q_{22,t}^{-1/2}, \dots, q_{NN,t}^{-1/2}) = \begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{q_{11,t}}} & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & \frac{1}{\sqrt{q_{NN,t}}} \end{bmatrix}$$

Ο  $Q_t$  δίνεται από:

$$Q_t = (1 - \xi_1 - \xi_2)\bar{Q} + \xi_1 \frac{U_{t-1}}{\sqrt{h_{t-1}}} \left( \frac{U_{t-1}}{\sqrt{h_{t-1}}} \right)' + \xi_2 Q_{t-1}$$

$$\xi_1 > 0, \xi_2 > 0$$

$$\xi_1 + \xi_2 < 1$$

$$\bar{Q} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T v_t v_t'$$

όπου:

$\bar{Q}$  ο μη δεσμευμένος πίνακας διακυμάνσης-συνδιακύμανσης των  $v_t$  (διάνυσμα τυποποιημένων καταλοίπων), ο οποίος είναι θετικά ορισμένος (Francq & Zakoian, 2019).

Η εκτίμηση του υποδείγματος μπορεί να γίνει σε δύο βήματα:

1<sup>ο</sup> ) Εκτιμούμε  $N$  μονομεταβλητά υποδείγματα GARCH για να αποκτήσουμε τις δεσμευμένες τυπικές αποκλίσεις που συνθέτουν τη διαγώνιο του  $D_t$ .

2<sup>ο</sup> ) Στη συνέχεια υπολογίζουμε τα τυποποιημένα κατάλοιπα  $v_t$  και τέλος τον  $R_t$ . Η εκτίμηση των παραμέτρων γίνεται με τη μέθοδο μέγιστης πιθανοφάνειας.

Υπό την υπόθεση ότι τα τυποποιημένα κατάλοιπα ακολουθούν την πολυμεταβλητή κανονική κατανομή, η εκτίμηση της υποδειγματοποίησης μπορεί να γίνει και σ' ένα βήμα μεγιστοποιώντας τη λογαριθμική συνάρτηση πιθανοφάνειας (Boffelli & Urga, 2016) :

$$\text{LogL} = -0,5TN\log(2\pi) - 0,5T\log\{\det(R_t)\} - \sum_{t=1}^T [\log\{\det(D_t)\} + 0,5 v_t' R_t^{-1} v_t']$$

### **Αποτέλεσμα Μόγλευσης/Ασυμμετρίας και πολυμεταβλητά GARCH υπόδειγμα**

Ένα από τους τρόπους που μας επιτρέπει να μελετήσουμε, αν στις υπό εξέταση χρονολογικές σειρές παρουσιάζονται αποτελέσματα ασυμμετρίας, είναι τα CCC, DCC και BEKK Multivariate GARCH να πάρουν την εξής μορφή :

1. CCC & DCC GARCH: Όπως αναφέραμε, βασίζονται στην εκτίμηση  $N$  μονομεταβλητών GARCH υποδειγματοποιήσεων για να αποκτήσουμε τις δεσμευμένες τυπικές αποκλίσεις. Για τους

σκοπούς της διερεύνησης των αποτελεσμάτων μόχλευσης/ασυμμετρίας, η εξειδίκευση που θα πάρουν αυτά τα μονομεταβλητά υποδείγματα θα είναι του GJR-GARCH.

## 2. BEKK GARCH:

Ορίζουμε:

$$d_{t-1} = U_{t-1} \bullet I_{U < 0} (U_{t-1})$$

όπου,  $\bullet$  το γινόμενο Hadamard

Το διάνυσμα  $d_t$  θα είναι μια αντιγραφή του  $U_t$  εκτός των θετικών καταλοίπων, τα οποία στο  $d_t$  θα παίρνουν την τιμή μηδέν (στο αντίστοιχο  $t$ ). Τελικά στο BEKK ο όρος που εισέρχεται είναι:

$$D' d_{t-1} d_{t-1}' D$$

## 2.3 Αντιστάθμιση κινδύνου και χαρτοφυλάκια ελάχιστης διακύμανσης

### 2.3.1 Αντιστάθμιση κινδύνου

Η αντιστάθμιση (*hedging*) είναι η δραστηριότητα που επιτρέπει στους αναλυτές να εξουδετερώνουν μέρος ή και ολόκληρο τον κίνδυνο ο οποίος δημιουργείται από την ανάληψη μιας θέσης (Πουφινάς & Φλώρος, 2017). Οι αγορές παραγώγων αναπτύχθηκαν προκειμένου να δώσουν την ευκαιρία στα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα, αλλά και τους επενδυτές γενικότερα να αντισταθμίσουν τους κινδύνους στους οποίους εκτίθενται (Συριόπουλος & Παπαδάμου, 2014). Εξαιτίας της σημασίας που κατέχει η αγορά παραγώγων για την αντιστάθμιση του κινδύνου, σ' αυτό το τμήμα του θεωρητικού μέρους της εργασίας, θα παρουσιάσουμε έννοιες, ορολογίες και υπολογισμούς υπό το πλαίσιο ότι η αντιστάθμιση γίνεται με Συμβόλαια Μελλοντικής Εκπλήρωσης (ΣΜΕ). Στο Κεφάλαιο «Δεδομένα και Εμπειρική Μεθοδολογία» εξηγούμε την προσέγγιση που χρησιμοποιήσαμε για το εμπειρικό μέρος της ανάλυσης, όπου η αντιστάθμιση δε

γίνεται μ' ένα χρηματοοικονομικό παράγωγο προϊόν, καθώς και τον τρόπο διεξαγωγής των σχετικών υπολογισμών.

Σύμφωνα με τους Πουφινάς & Φλώρος (2017), όταν ένα επενδυτής, γνωρίζει ότι πρόκειται να πουλήσει ένα περιουσιακό στοιχείο σε μια δεδομένη μελλοντική στιγμή (θετική θέση), μπορεί να καλύψει με αντιστάθμιση (*hedge*) την αβεβαιότητα σχετικά με τις διακυμάνσεις της τιμής τους περιουσιακού στοιχείου παίρνοντας θέση πώλησης σ' ένα ΣΜΕ για παράδειγμα (αντιστάθμιση πώλησης ή *short hedge*). Μια αντίστοιχη θέση μπορεί να πάρει εάν ξέρει ότι θα αγοράσει ένα περιουσιακό στοιχείο σε μια δεδομένη μελλοντική στιγμή (αρνητική θέση). Σ' αυτήν την περίπτωση θα πάρει θέση αγοράς στο ΣΜΕ (αντιστάθμιση αγοράς ή *long hedge*). Μ' αυτόν τον τρόπο ο επενδυτής μειώνει την αβεβαιότητα. Το ποσοστό αντιστάθμισης (*hedge ratio*) είναι το ποσοστό της θέσης στο ΣΜΕ ως προς την ποσότητα της θέσης στο υποκείμενο αγαθό, ενώ το βέλτιστο ποσό αντιστάθμισης (*optimal hedge ratio*) είναι αυτό που εξασφαλίζει τον ελάχιστο κίνδυνο από τις δύο θέσεις.

Έστω ότι ο επενδυτής έχει θετική θέση σε μια μονάδα ενός αγαθού ( $S_t$ ) και παίρνει μια αρνητική θέση σε  $hR$  μονάδες του ΣΜΕ ( $F_t$ ) αποσκοπώντας να πραγματοποιήσει αντιστάθμιση κινδύνου. Για να προσδιορίσουμε τη βέλτιστη τιμή του  $hR$ , δηλαδή το βέλτιστο ποσοστό αντιστάθμισης, χρησιμοποιούμε τον ακόλουθο υπολογισμό (Πουφινάς & Φλώρος, 2017) :

$$hR \xrightarrow{\text{optimal}} \text{Optimal Hedge Ratio (OHR)} = \frac{\rho \cdot \sigma_S}{\sigma_F} = \frac{\frac{\sigma_{S,F}}{\sigma_S \sigma_F} \sigma_S}{\sigma_F} = \frac{\sigma_{S,F}}{\sigma_F^2}$$

όπου:

$\rho$  ο συντελεστής συσχέτισης μεταξύ των αποδόσεων του υποκείμενου περιουσιακού στοιχείου και ΣΜΕ,  $\sigma_S$ ,  $\sigma_F$  η τυπική απόκλιση της απόδοσης του υποκείμενου περιουσιακού στοιχείου και του ΣΜΕ αντίστοιχα,  $\sigma_{S,F}$  η συνδιακύμανση των αποδόσεων του υποκείμενου περιουσιακού στοιχείου και του ΣΜΕ,  $\sigma_F^2$  η διακύμανση της απόδοσης του υποκείμενου περιουσιακού στοιχείου

### 2.3.2 Χαρτοφυλάκια ελάχιστης διακύμανσης

Σ' αυτήν την ενότητα θα εξετάσουμε τον τρόπο κατασκευής χαρτοφυλακίων ελαχιστοποίησης ρίσκου. Αρχικά, ας υποθέσουμε έναν επενδυτή ο οποίος αποφασίζει να

αναζητήσει εκείνες τις σταθμίσεις σ' ένα χαρτοφυλάκιο δύο περιουσιακών στοιχείων, οι οποίες θα ελαχιστοποιούν την συνολική διακύμανση του χαρτοφυλακίου και άρα το ρίσκο. Αν η στάθμιση που θα δοθεί στο πρώτο περιουσιακό στοιχείο είναι  $w_1$ , τότε η στάθμιση του δεύτερου περιουσιακού στοιχείου θα είναι  $w_2 = 1 - w_1$ . Σ' αυτήν την περίπτωση, η αναμενόμενη απόδοση του χαρτοφυλακίου είναι:

$$ER_{\text{portfolio}} = w_1 ER_1 + w_2 ER_2 = w_1 \mu_1 + w_2 \mu_2$$

Η διακύμανση του χαρτοφυλακίου δίνεται από:

$$\sigma_{\text{portfolio}}^2 = E(R_{\text{portfolio}} - ER_{\text{portfolio}})^2 = w_1^2 \sigma_1^2 + w_2^2 \sigma_2^2 + 2 w_1 w_2 \rho \sigma_1 \sigma_2$$

Υποθέτοντας ότι τον επενδυτή δεν τον απασχολεί η αναμενόμενη απόδοση όταν επιλέγει τις σταθμίσεις, για να ελαχιστοποιήσουμε το ρίσκο/διακύμανση του χαρτοφυλακίου  $\sigma_{\text{portfolio}}^2$ , αντικαθιστούμε  $w_2$  με  $(1 - w_1)$  και παραγωγίζουμε ως προς  $w_1$  (Cuthbertson & Nitzsche, 2004) :

$$\frac{\partial \sigma_{\text{portfolio}}^2}{\partial w_1} = 2 w_1 \sigma_1^2 - 2(1 - w_1) \sigma_2^2 + 2(1 - 2 w_1) \rho \sigma_1 \sigma_2 = 0$$

Λύνοντας για  $w_1$  προκύπτει:

$$w_1 = \frac{(\sigma_2^2 - \rho \sigma_1 \sigma_2)}{(\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - 2 \rho \sigma_1 \sigma_2)} = \frac{(\sigma_2^2 - \sigma_{12})}{(\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - 2 \sigma_{12})}$$

και  $w_2$  δίνεται ως:

$$w_2 = 1 - w_1$$

όπου  $\sigma_1$  και  $\sigma_1^2$  η τυπική απόκλιση και διακύμανση των αποδόσεων του πρώτου περιουσιακού στοιχείου,  $\sigma_2$  και  $\sigma_2^2$  η τυπική απόκλιση και διακύμανση των αποδόσεων του δεύτερου περιουσιακού,  $\rho$  ο συντελεστής συσχέτισης των αποδόσεων του πρώτου και δεύτερου περιουσιακού στοιχείου,  $\sigma_{12}$  η συνδιακύμανση των αποδόσεων του πρώτου και δεύτερου περιουσιακού στοιχείου.

## Κεφάλαιο 3

### Δεδομένα Και Εμπειρική Μεθοδολογία

#### 3.1 Δεδομένα

##### 3.1.1 Υπολογισμός αποδόσεων των συναλλαγματικών ισοτιμιών

Τα δεδομένα για την εκπόνηση της παρούσας εργασίας αντλήθηκαν από την Pacific Exchange Rate Service βάση δεδομένων και πιο συγκεκριμένα συλλέχθηκαν οι ημερήσιες τιμές για Ευρώ (EUR), Στερλίνα (GBP) και Γιεν Ιαπωνίας (JPY) έναντι του δολαρίου (USD) για το διάστημα από 01/10/2008 έως 29/4/2016. Κάθε χρονολογική σειρά αποτελείται από 1978 παρατηρήσεις. Η επιλογή των συγκεκριμένων συναλλαγματικών ισοτιμιών έγινε εξαιτίας της εξέχουσας σημασίας τους στη διεθνή αγορά συναλλάγματος (international Forex Market) όπως η ίδια μπορεί να προσδιοριστεί από τον σχετικό όγκο συναλλαγών (Kenourgios *et al.*, 2015α). Η χρονική οριοθέτηση της εργασίας τέθηκε ως απόρροια των ερευνητικών ερωτημάτων και πιο συγκεκριμένα με γνώμονα: α) Να περιλαμβάνει το σύνολο των χρονικών περιόδων που η Fed εφάρμοσε πρόγραμμα Ποσοτικής Χαλάρωσης β) Να καθιστά εφικτό τόσο κατά τα διαστήματα άσκησης της μη συμβατικής πολιτικής, αλλά και για το χρονικό διάστημα που ακολούθησε της ολοκλήρωσης του τελευταίου προγράμματος, να εξετάσουμε στρατηγικές αντιστάθμισης κινδύνου, να δημιουργήσουμε χαρτοφυλάκια ελάχιστης διακύμανσης και να μελετήσουμε την «πορεία» αυτών στο χρόνο.

Αρχικά, υπολογίστηκαν οι ημερήσιες αποδόσεις των νομισμάτων. Στη βιβλιογραφία χρησιμοποιούνται δύο τρόποι γι' αυτόν το υπολογισμό:

- Αριθμητική απόδοση (arithmetic return) μιας περιόδου, η οποία βασίζεται στη βασική μαθηματική σχέση ότι  $P_t = P_{t-1}(1 + r_t)$ . Μπορούμε, λοιπόν, να υπολογίσουμε την απόδοση την χρονική στιγμή  $t$  ως:

$$R_t = (P_t - P_{t-1}) / P_{t-1} = (P_t / P_{t-1}) - 1$$

Όπου,

$P_t$ : τιμή τη χρονική στιγμή  $t$  και

$R_t$ : αριθμητική απόδοση τη χρονική στιγμή  $t$

- Λογαριθμική απόδοση (logarithmic return) η οποία περιλαμβάνει συνεχή ανατοκισμό των αποδόσεων, γι' αυτό και μια εναλλακτική ονομασία της στα αγγλικά είναι «Continuously compounded return». Σ' αυτήν την περίπτωση οι αποδόσεις υπολογίζονται ως:

$$R_t = \ln (P_t / P_{t-1}) = \ln (P_t) - \ln (P_{t-1})$$

Οι Boffeli και Urga (2016) σημειώνουν ότι οι οικονομέτρες συνήθως χρησιμοποιούν στην έρευνα τους τις λογαριθμικές αποδόσεις λόγω των καλύτερων ιδιοτήτων που παρουσιάζουν σε σχέση με τις αριθμητικές αποδόσεις. Ενδεικτικά, μπορεί να αναφερθεί ως πλεονέκτημα αυτού του τρόπου εκτίμησης ότι οι λογαριθμικές αποδόσεις είναι συμμετρικές, σε αντίθεση με τις αριθμητικές. Αυτό γίνεται ορατό, αν λάβουμε υπόψιν το εξής παράδειγμα:

Έστω μια αρχική επένδυση 100 ευρώ κατά την περίοδο (Α). Στην περίοδο (Β) η επένδυση παρουσιάζει απόδοση 10% (αξία επένδυσης 110 ευρώ) και στην περίοδο (Γ) -10% (αξία επένδυσης 100 ευρώ). Αναζητώντας αποδόσεις μεταξύ διαδοχικών περιόδων της επένδυσης και υπολογίζοντας τη μέση απόδοση, προκύπτει:

1η Περίπτωση – Αριθμητική Απόδοση

- $R_{AB} = (110 - 100)/100 = 10/100 = 0,1$  ή 10%
- $R_{BG} = (100-110)/110 \approx -0,09$  ή -9%

Μέση αριθμητική τιμή=  $(R_{AB} + R_{BG})/2 = 0,5\%$

2η Περίπτωση – Λογαριθμική Απόδοση

- $R_{AB} = \ln (110) - \ln (100) \approx 0,0953$  ή 9,53%
- $R_{BG} = \ln(100) - \ln (110) \approx -0,0953$  ή -9,53%

Μέση λογαριθμική τιμή =  $(R_{AB} + R_{BG})/2 = 0\%$

Ο μέσος όρος στην περίπτωση των αριθμητικών αποδόσεων δεν αντικατοπτρίζει την πραγματικότητα σε αντίθεση με τις λογαριθμικές αποδόσεις. Στην ανάλυσή μας χρησιμοποιήθηκε η λογαριθμική μεθοδολογία για τον υπολογισμό των αποδόσεων των συναλλαγμάτων (συμβολισμοί που χρησιμοποιούνται σε σημεία της εργασίας: αποδόσεις EUR/USD → REUR (χρονοσειρά 1), αποδόσεις GBP/USD → RGBP (χρονοσειρά 2), αποδόσεις JPY/USD → RJPY (χρονοσειρά 3)).

### 3.1.2 Οι ψευδομεταβλητές της έρευνας

Βασικός στόχος της παρούσας μελέτης αποτελεί η ανάδειξη της επίδρασης των πολιτικών Ποσοτικής Χαλάρωσης της Fed στην μεταβλητότητα των αποδόσεων των συναλλαγμάτων (EUR/USD, GBP/USD, JPY/USD). Για να γίνει εφικτή η ποσοτική προσέγγιση της προαναφερθείσας επίδρασης μέσα από μια οικονομετρική υποδειγματοποίηση, καθίσταται αναγκαίο τα διαστήματα εφαρμογής προγραμμάτων QE να «κωδικοποιηθούν» ως κατάλληλες μεταβλητές, έτσι ώστε να μπορούν να εισέλθουν στο υπόδειγμα. Είναι σύνηθες στην επιστημονική βιβλιογραφία σε τέτοιες περιπτώσεις να πραγματοποιείται αυτή η «κωδικοποίηση» με τη χρήση ψευδομεταβλητών (dummy variables), οι οποίες λαμβάνουν τις τιμές 0 και 1 ανάλογα με το αν έλαβε χώρα (dummy = 1) ένα υπό εξέταση γεγονός ή όχι (dummy = 0). Στην παρούσα έρευνα αξιοποιήθηκε αυτή η μεθοδολογία κατά την προετοιμασία της βάσης δεδομένων στην οποία βασίστηκε η ανάλυσή μας.

Όπως γίνεται κατανοητό, η δημιουργία των ψευδομεταβλητών προϋποθέτει τις ακριβείς ημερομηνίες που σχετίζονται με τις πολιτικές Ποσοτικής Χαλάρωσης από την Κεντρική Τράπεζα. Τα σχετικά δεδομένα αντλήθηκαν από την ηλεκτρονική σελίδα της Τράπεζας της Ιαπωνίας (Bank of Japan – BoJ) και τις μελέτες των Fawley και Neely (2013) και Agostini *et al.*, (2016) και παρουσιάζονται στον Πίνακα (1) του «Παραρτήματος», ο οποίος εξαιτίας του μεγέθους του και για ευνόητους λόγους βρίσκεται στο κεφάλαιο του «Παραρτήματος».

### 3.1.3 Ερευνητική Ανάλυση Δεδομένων

Κάθε υποδειγματοποίηση προϋποθέτει την προκαταρκτική εξέταση της αξιοπιστίας και ποιότητας των δεδομένων. Σ' αυτό το σημείο είναι σημαντικό να μελετηθεί αν υπάρχουν ελλείψεις



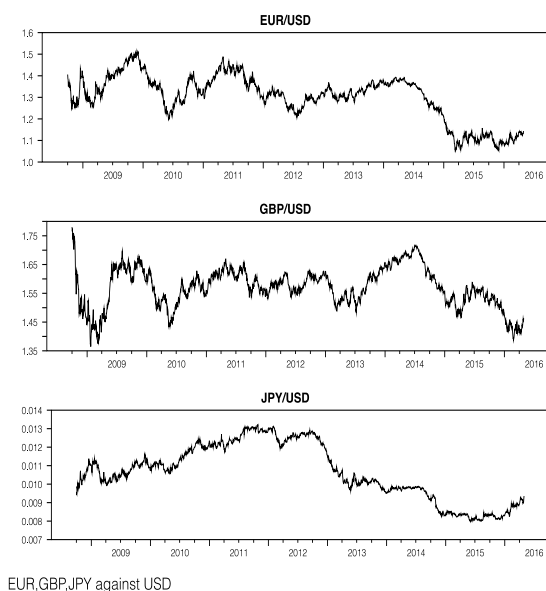
τιμές, αν έγινε σωστή μεταφορά των δεδομένων, αν υπάρχουν εσφαλμένες ή αδικαιολόγητα ακραίες τιμές εξαιτίας κάποιου σφάλματος και να εντοπιστούν σχέσεις που διέπουν τα δεδομένα μας. Η μέθοδος που θα χρησιμοποιήσουμε γι' αυτό τον σκοπό είναι γνωστή ως Ερευνητική Ανάλυση Δεδομένων (Ε.Α.Δ.). Τα βασικά εργαλεία για την Ε.Α.Δ. αποτελούνται από γραφικές παραστάσεις και περιγραφικές τεχνικές της στατιστικής (Χάλκος, 2011β).

### **Γραφικές παραστάσεις των δεδομένων και περιγραφική στατιστική**

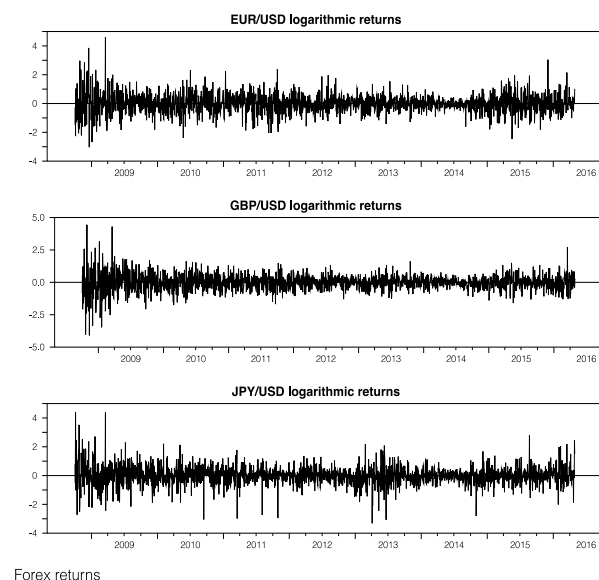
Στα γραφήματα 3.1 και 3.2 απεικονίζονται οι ημερήσιες τιμές και αντίστοιχες λογαριθμικές αποδόσεις για EUR/USD, GBP/USD και JPY/USD. Παρατηρώντας τα δύο γραφήματα εξάγονται τα εξής συμπεράσματα:

- Συνολικά για τη χρονική περίοδο του δείγματος, οι ημερήσιες τιμές του EUR/USD σημειώνουν πτωτική τάση
- Πτωτική τάση για το GBP/USD παρατηρούμε από την αρχή του δείγματος ως τις αρχές του 2009 και από τα μέσα του 2014 έως τους πρώτους μήνες του 2016. Για το χρονικό διάστημα από τις αρχές του 2009 έως τα μέσα του 2014 γίνεται ορατή σε γενικές γραμμές μια σταθερότητα στις τιμές της συναλλαγματικής ισοτιμίας
- Το JPY/USD έχει ανοδική τάση μέχρι και τα τέλη του 2012. Από τις αρχές του 2013 μέχρι και το τέλος του δείγματος, η τάση των τιμών της συναλλαγματικής ισοτιμίας μπορεί να χαρακτηριστεί ως πτωτική
- Στα γραφήματα των λογαριθμικών αποδόσεων των συναλλαγματικών ισοτιμιών παρατηρούμε το φαινόμενο «volatility clustering», όπου περιόδους υψηλής μεταβλητότητας ακολουθούν περίοδοι χαμηλής μεταβλητότητας. Όπως περιγράψαμε και στο 2<sup>ο</sup> κεφάλαιο, αυτό αποτελεί ένα σύννηθες χαρακτηριστικό των χρηματοοικονομικών χρονολογικών σειρών. Επίσης, τις συγκεντρώσεις υψηλής μεταβλητότητας από την αρχή του δείγματος μέχρι και τις αρχές του 2009, μπορούμε να τις συνδέσουμε με την κήρυξη πτώχευσης από την επενδυτική τράπεζα «Lehman Brothers» στις 15/9/2008 και όσα η ίδια ισοδυναμούσε.

Γράφημα 3.1  
Ημερήσιες τιμές συναλλαγματικών ισοτιμιών

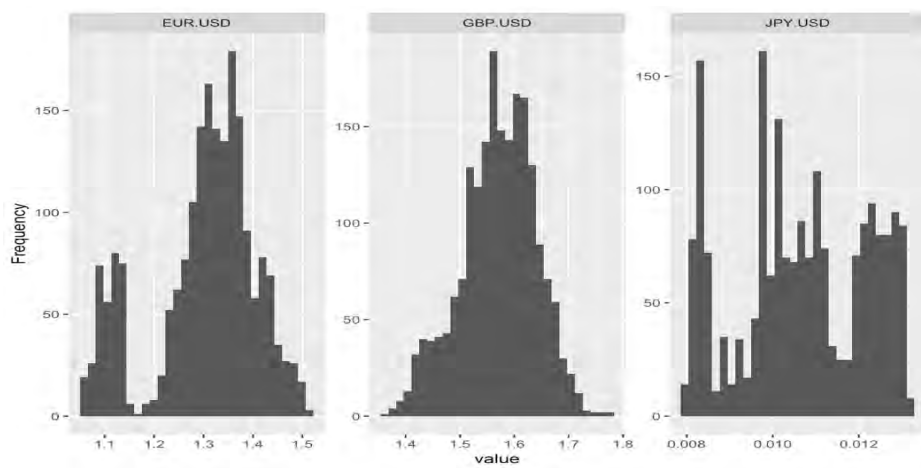


Γράφημα 3.2  
Λογαριθμικές αποδόσεις των συναλλαγματικών ισοτιμιών

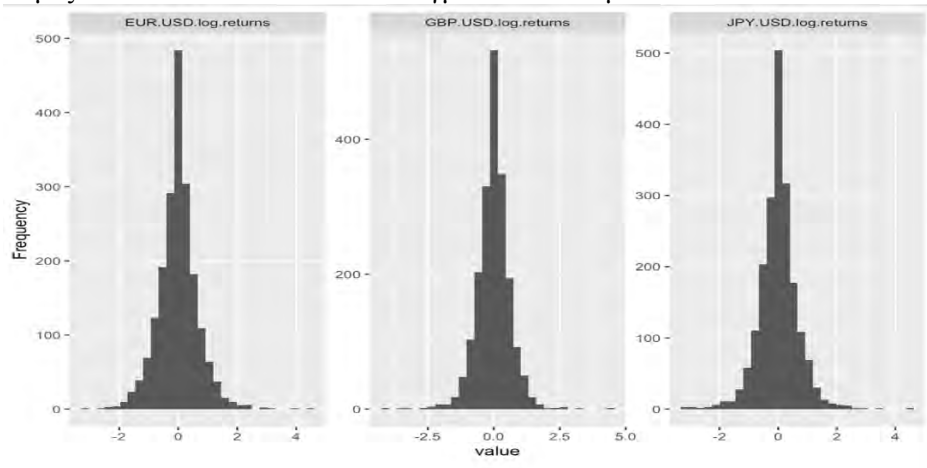


Επιπρόσθετα, για τις ίδιες χρονολογικές σειρές παρουσιάζουμε στο γραφήματα 3.3 και 3.4 τα ιστογράμματα με στόχο αφενός να αποκτήσουμε εικόνα για την κατανομή των δεδομένων μας και αφετέρου να τα ελέγξουμε. (Γενικά) Στατιστικές ιδιότητες όπως η ασυμμετρία και η κύρτωση μπορούν να γίνουν ορατές σε αρκετές περιπτώσεις στα ιστογράμματα, αλλά θα στηριχθούμε στις τεχνικές της περιγραφικής στατιστικής για πιο εμπειρισταωμένα συμπεράσματα.

Γράφημα 3.3  
Κατανομές των ημερήσιων τιμών των συναλλαγματικών ισοτιμιών



Γράφημα 3.4  
Κατανομές των αποδόσεων των συναλλαγματικών ισοτιμιών



Πίνακας 3.1

Στατιστικά περιγραφικά μέτρα για τις τιμές και λογαριθμικές αποδόσεις των συναλλαγματικών ισοτιμιών

| Περιγραφική Στατιστική                                       |             |                                   |            |                                   |             |                                   |
|--|-------------|-----------------------------------|------------|-----------------------------------|-------------|-----------------------------------|
|  | EUR/USD     | EUR/USD<br>log returns<br>(x 100) | GBP/USD    | GBP/USD<br>log returns<br>(x 100) | JPY/USD     | JPY/USD<br>log returns<br>(x 100) |
| <i>Min value</i>   | 1,0523      | -3,0325                           | 1,3648     | -4,0925                           | 0,0079      | -3,3129                           |
| <i>Max value</i>   | 1,5099      | 4,6062                            | 1,7802     | 4,4415                            | 0,0132      | 4,3808                            |
| <i>mean</i>  | 1,3010      | -0,0104                           | 1,5706     | -0,0099                           | 0,0106      | -0,0003                           |
| <i>median</i>  | 1,3192      | 0                                 | 1,5727     | 0                                 | 0,0106      | 0                                 |
| <i>mode</i>  | 1,3066      | 0                                 | 1,6068     | 0                                 | 0,01102     | 0                                 |
| <i>variance</i>  | 0,0112      | 0,4526                            | 0,0047     | 0,4048                            | 2e-6        | 0,4472                            |
| <i>skewness</i>  | -0,6466     | 0,3187                            | -0,3082    | -0,1055                           | -0,0961     | 0,1273                            |
| <i>kurtosis<br/>(excess)</i>                                 | -0,2942     | 3,1098                            | -0,1031    | 5,8174                            | -1,1095     | 4,5357                            |
| <i>Jarque-Bera</i>   | 144,8830*** | 835,7319***                       | 32,1496*** | 2808,5622***                      | 104,4636*** | 1710,9131***                      |
| Σημείωση: *** δηλώνει στατιστική σημαντικότητα σε επίπεδο 1% |             |                                   |            |                                   |             |                                   |

Στον Πίνακα 3.1 βρίσκονται συγκεντρωμένα μέτρα θέσης, διασποράς και άλλα περιγραφικά στατιστικά για τις ημερήσιες τιμές και τις λογαριθμικές αποδόσεις των συναλλαγμάτων. Σημειώνεται ότι οι λογαριθμικές αποδόσεις πολλαπλασιάζονται επί 100, το οποίο είναι σημαντικό ειδικά για τις πολυμεταβλητές υποδειγματοποιήσεις εξαιτίας των υπολογιστικών δυσκολιών που παρουσιάζουν (Doan, 2018). Με βάση τον Πίνακα και για κάθε συνάλλαγμα εξάγουμε τα παρακάτω συμπεράσματα για τις αποδόσεις που θα χρησιμοποιήσουμε στην ανάλυσή μας:

#### EUR/USD αποδόσεις

Οι τιμές για διάμεσο ( $= 0$ ) και επικρατούσα τιμή ( $= 0$ ) είναι ίδιες, ενώ η τιμή του μέσου ( $= -0,0104$ ) έχει μια μικρή απόκλιση απ' αυτές. Ο συντελεστής ασυμμετρίας ( $= 0,3187$ ) υποδηλώνει μια ελαφρά θετική ασυμμετρία, ενώ ο συντελεστής κυρτότητας (Excess Kurtosis  $= 3,1098$ ) την ύπαρξη λεπτόκυρτης κατανομής. Ο Jarque-Bera έλεγχος κανονικότητας είναι στατιστικά σημαντικός (επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας  $\alpha = 0,01$ ) και δεν μπορούμε να αποδέχθουμε τη μηδενική υπόθεση ότι τα δεδομένα κατανέμονται κανονικά.

#### GBP/USD αποδόσεις

Οι τιμές για διάμεσο ( $= 0$ ) και επικρατούσα τιμή ( $= 0$ ) είναι ίδιες, ενώ η τιμή του μέσου ( $= -0,0099$ ) έχει μια πολύ μικρή απόκλιση απ' αυτές. Ο συντελεστής ασυμμετρίας ( $= -0,1055$ ) υποδηλώνει μια ελαφρά αρνητική ασυμμετρία, ενώ ο συντελεστής κυρτότητας (Excess Kurtosis  $= 5,8174$ ) την ύπαρξη λεπτόκυρτης κατανομής. Ο Jarque-Bera έλεγχος κανονικότητας είναι στατιστικά σημαντικός (επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας  $\alpha = 0,01 = 1\%$ ) και δεν μπορούμε να αποδεχθούμε τη μηδενική υπόθεση ότι τα δεδομένα κατανέμονται κανονικά.

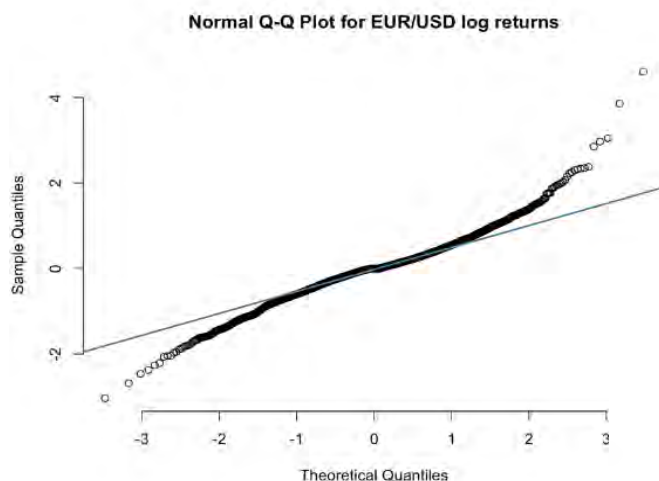
#### JPY/USD αποδόσεις

Οι τιμές για διάμεσο ( $= 0$ ) και επικρατούσα τιμή ( $= 0$ ) είναι ίδιες, ενώ η τιμή του μέσου ( $= -0,0003$ ) έχει μια μικρή απόκλιση απ' αυτές. Ο συντελεστής ασυμμετρίας ( $= 0,1273$ ) υποδηλώνει μια ελαφρά θετική ασυμμετρία, ενώ ο συντελεστής κυρτότητας (Excess Kurtosis  $= 4,5357$ ) την ύπαρξη λεπτόκυρτης κατανομής. Ο Jarque-Bera έλεγχος κανονικότητας είναι

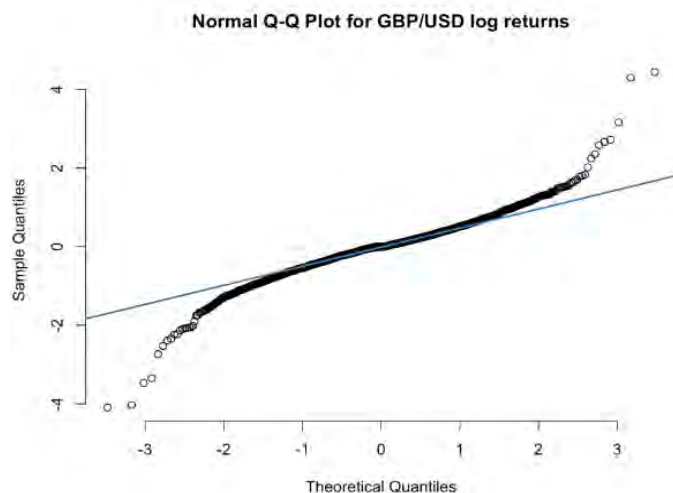
στατιστικά σημαντικός (επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας  $\alpha = 0,01$ ) και δεν μπορούμε να αποδεχθούμε τη μηδενική υπόθεση ότι τα δεδομένα κατανέμονται κανονικά.

Τέλος, στα γραφήματα 3.5, 3.6 και 3.7 παραθέτουμε τα QQ-γραφήματα ποσοστημορίων στα οποία συγκρίνεται μια θεωρητική κατανομή, εδώ η κανονική κατανομή, με την κατανομή των αποδόσεων για τα τρία συναλλάγματα. Αν τα δεδομένα μας βρίσκονται στην διαγώνιο, τότε μπορούμε να ισχυριστούμε ότι ακολουθούν την υπό εξέταση θεωρητική κατανομή. Παρατηρώντας τα σχετικά γραφήματα γίνεται ορατό ότι οι κατανομές των αποδόσεων αποκλίνουν από την διαγώνιο κι επομένως συμπεραίνουμε ότι οι ίδιες δεν ακολουθούν την κανονική κατανομή, γεγονός που επιβεβαιώθηκε και από τους ελέγχους Jarque-Bera. Επιπλέον, υπολογίσαμε τις συσχετίσεις για τις αποδόσεις των συναλλαγματικών ισοτιμιών. Ιδιαίτερα αξιοσημείωτες είναι οι αναφορές στη θετική συσχέτιση με τιμή 0,62 μεταξύ EUR/USD και GBP/USD αποδόσεων, ενώ για την περίπτωση των GBP/USD και JPY/USD αποδόσεων, μπορούμε να ισχυριστούμε ότι (σχεδόν) δεν υπάρχει συσχέτιση (Πίνακες 3.2, και 3.3).

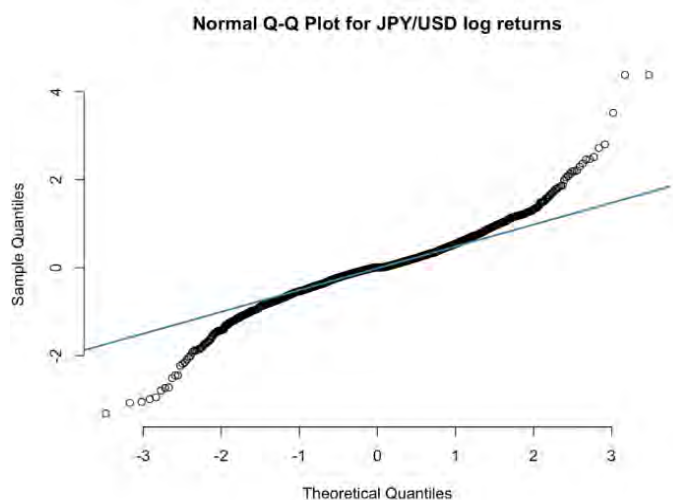
Γράφημα 3.5  
Q-Q γράφημα των λογαριθμικών αποδόσεων του EUR/USD



Γράφημα 3.6  
Q-Q γράφημα των λογαριθμικών αποδόσεων του GBP/USD



Γράφημα 3.7  
Q-Q γράφημα των λογαριθμικών αποδόσεων του JPY/USD



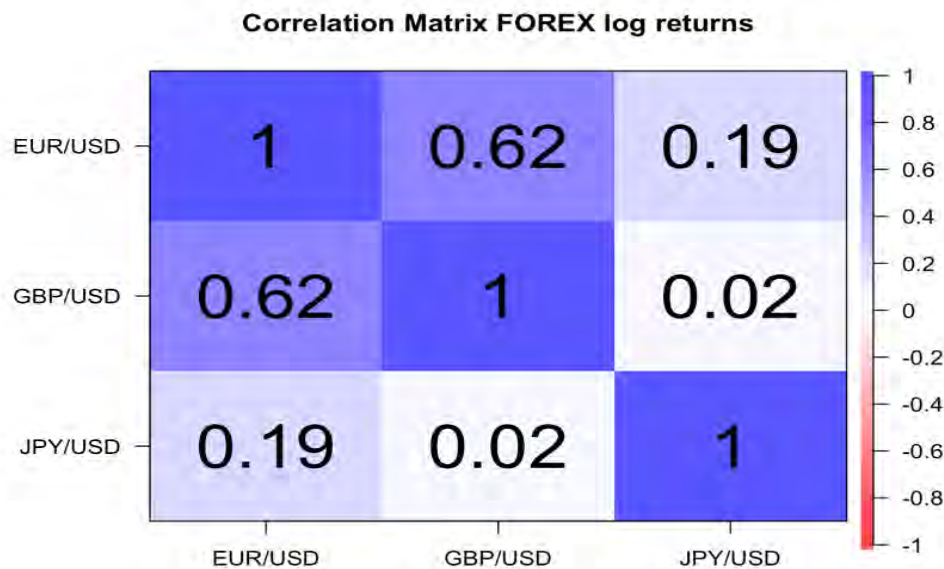
Πίνακας 3.2

Πίνακας συσχετίσεων των συναλλαγματικών αποδόσεων

|                          | EUR/USD<br>(log) returns | GBP/USD<br>(log) returns | JPY/USD<br>(log) returns |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| EUR/USD<br>(log) returns | 1,0000000                | 0,62400780               | 0,18591288               |
| GBP/USD<br>(log) returns | 0,6240078                | 1,0000000                | 0,02184447               |
| JPY/USD<br>(log) returns | 0,1859129                | 0,02184447               | 1,0000000                |

Πίνακας 3.3

Πίνακας συσχετίσεων για τις λογαριθμικές αποδόσεις των συναλλαγματικών ισοτιμιών



## 3.2 Μεθοδολογία

### 3.2.1 Έλεγχος στασιμότητας στοχαστικής διαδικασίας

Ένας τύπος στοχαστικής διαδικασίας που έχει μελετηθεί εκτενώς από τους ερευνητές που ασχολούνται με στοιχεία χρονολογικών σειρών είναι η λεγόμενη στάσιμη στοχαστική διαδικασία. Μια στοχαστική διαδικασία θεωρείται ότι είναι στάσιμη, αν η μέση τιμή και η διακύμανσή της παραμένουν σταθερές διαχρονικά και η συνδιακύμανση μεταξύ των δύο χρονικών περιόδων εξαρτάται μόνο από την απόσταση ή διάστημα ή υστέρηση μεταξύ των δύο αυτών χρονικών περιόδων και όχι από τον πραγματικό χρόνο κατά τον οποίο υπολογίζεται αυτή η συνδιακύμανση (Gujarati & Porter, 2016). Στη σχετική βιβλιογραφία μια τέτοια στοχαστική διαδικασία είναι γνωστή ως ασθενώς στάσιμη, ενώ όταν τα χαρακτηριστικά της στοχαστικής διαδικασίας μεταβάλλονται διαχρονικά η διαδικασία αποκαλείται μη στάσιμη.

Μπορούμε, λοιπόν, συνοπτικά να σημειώσουμε για μια τη στοχαστική χρονολογική σειρά που χαρακτηρίζεται ως ασθενώς στάσιμη τα εξής:

- Μέσος:  $E(X_t) = \mu$
- Διακύμανση:  $\text{var}(X_t) = E(X_t - \mu)^2 = \sigma^2$
- Συνδιακύμανση:  $\gamma_k = E[(X_t - \mu)(X_{t+k} - \mu)]$

Όπου  $\gamma_k$  η συνδιακύμανση (ή αυτοσυνδιακύμανση) στην υστέρηση  $k$ , είναι η συνδιακύμανση μεταξύ των τιμών  $X_t$  και  $X_{t+k}$ .

Επίσης, αναφέρουμε ότι μια στοχαστική διαδικασία ορίζεται ως αυστηρώς στάσιμη, όταν η συνδυασμένη συνάρτηση κατανομής πιθανότητας αυτής δεν επηρεάζεται από την αρχή μέτρησης του χρόνου, το οποίο σημαίνει ότι η  $f(x_t, x_{t+1}, \dots, x_{t+T})$  είναι ίδια με τη συνδυασμένη συνάρτηση πιθανότητας που έχει αρχή το σημείο  $t+s$ , δηλαδή την  $f(x_{t+s}, x_{t+1+s}, \dots, x_{t+T+s})$ , όπου το  $s$  παριστάνει μετακίνηση κατά μήκος του άξονα του χρόνου. Αυτό διασφαλίζει ότι και η περιθωριακή συνάρτηση πιθανότητας στο σημείο  $t$  θα είναι ίδια με την περιθωριακή συνάρτηση πιθανότητας στο σημείο  $t+s$  (Κιντής, 2010). Ο παραπάνω ορισμός απαιτεί ότι όχι μόνο οι ροπές πρώτες και δεύτερης τάξης θα είναι ανεξάρτητες από το  $t$ , όπως στην περίπτωση της ασθενώς στάσιμης στοχαστικής διαδικασίας, αλλά και ότι όλες οι ροπές ανώτερης τάξης θα πρέπει να είναι ανεξάρτητες από το  $t$ . Καθώς, η υπόθεση της αυστηρώς στάσιμης χρονολογικής σειράς θεωρείται ιδιαίτερα περιοριστική, γι' αυτό στη βιβλιογραφία έχει εισαχθεί η έννοια της ασθενώς στάσιμης διαδικασίας (Κιντής, 2010), η οποία και χρησιμοποιείται στην παρούσα εργασία, όταν αναφερόμαστε σε στασιμότητα.

Για τη σημασία της στασιμότητας οι Gujarati και Porter (2016), επίσης, επισημαίνουν ότι, αν η χρονολογική σειρά δεν είναι στάσιμη, καθίσταται ανέφικτη η γενίκευση της μελέτης της συμπεριφοράς μιας χρονολογικής σειράς σε διαφορετικές χρονικές περιόδους από την υπό εξέταση. Με δεδομένο ότι η στασιμότητα μιας χρονολογικής σειράς αποτελεί ένα από τα θεμελιώδη χαρακτηριστικά της, είναι αναγκαίο να ελεγχθεί, αφού τα περισσότερα στατιστικά μοντέλα λειτουργούν με βάση την υπόθεση της στασιμότητας (Συριόπουλος, 2004). Με τον έλεγχο Dickey-Fuller (DF test) (1979,1981) μπορούμε να αποφανθούμε για το αν είναι στάσιμη μια χρονολογική σειρά μέσα από τη διερεύνηση της ύπαρξης μοναδιαίας ρίζας. Πιο συγκεκριμένα το τεστ βασίζεται στην παλινδρόμηση:



$$x_t = \phi x_{t-1} + u_t$$

Όπου  $u_t$  αποτελεί μια διαδικασία λευκού θορύβου. Η μηδενική υπόθεση του ελέγχου είναι  $H_0: \phi = 1$ , απ' όπου προκύπτει και η αναφορά στον όρο «μοναδιαία ρίζα», ενώ η εναλλακτική  $H_1: \phi < 1$ . Ισοδύναμα το τεστ μπορεί να διεξαχθεί χρησιμοποιώντας την εξής μορφή της παραπάνω παλινδρόμησης:

$$x_t = \phi x_{t-1} + u_t \quad [\text{Αφαιρούμε και από τις δύο πλευρές της εξίσωσης τον όρο } x_{t-1}]$$

$$x_t - x_{t-1} = \phi x_{t-1} - x_{t-1} + u_t$$

$$\Delta x_t = (\phi - 1) x_{t-1} + u_t \quad [\text{Αντικαθιστώντας } (\phi - 1) \text{ με } \gamma]$$

$$\Delta x_t = \gamma x_{t-1} + u_t$$

Επομένως, εδώ η μηδενική υπόθεση μετατρέπεται σε  $H_A: \gamma = 0$ , ενώ η εναλλακτική  $H_B: \gamma < 0$ . Αν δεν μπορούμε να απορρίψουμε τη μηδενική υπόθεση, τότε η στοχαστική διαδικασία λέμε ότι ακολουθεί το υπόδειγμα του τυχαίου περιπάτου, ενώ στην αντίθεση περίπτωση η σειρά είναι στάσιμη. Το ενδεχόμενο  $\gamma > 1$  δεν αντιμετωπίζεται, αφού αυτό θα σήμαινε ότι η σειρά διευρύνεται χωρίς όρια (Κιντής, 2010).

Επιπλέον, οι Dickey και Fuller (1979) πρότειναν δύο εναλλακτικές μορφές της παλινδρόμησης για τον έλεγχο ύπαρξης μοναδιαίας ρίζας:

1<sup>η</sup>: Προσθέτει μια σταθερά στο υπόδειγμα του τυχαίου περιπάτου (τυχαίος περίπατος με περιπλάνηση/random walk with a drift)

$$\Delta x_t = \alpha_0 + \gamma x_{t-1} + u_t$$

2<sup>η</sup>: Προσθέτει μια χρονική-προσδιοριστική τάση (t) στο υπόδειγμα του τυχαίου περιπάτου με περιπλάνηση (τυχαίος περίπατος με περιπλάνηση γύρω από μια προσδιοριστική τάση)

$$\Delta x_t = \alpha_0 + \alpha_2 t + \gamma x_{t-1} + u_t$$

Για ένα εκ των τριών υποδειγμάτων ο έλεγχος χρησιμοποιεί το t-test για τον συντελεστή της (εξαρτημένης) μεταβλητής (με υστέρηση)  $x_{t-1}$ . Οι κριτικές τιμές αντλούνται από τους ειδικούς πίνακες που κατασκεύασαν οι Dickey και Fuller και οι οποίες επεκτάθηκαν από τον MacKinnon (1991). Υπογραμμίζουμε ότι οι κριτικές τιμές διαφέρουν για κάθε μια από τις προαναφερθείσες εξειδικεύσεις του ελέγχου και αν η t-στατιστική που υπολογίστηκε είναι μικρότερη των κριτικών τιμών, τότε δεν μπορούμε να αποδεχθούμε τη μηδενική υπόθεση και η υπό εξέταση χρονοσειρά είναι στάσιμη.

Καθώς ο διαταρακτικός όρος είναι πολύ πιθανό να μην αποτελεί λευκό θόρυβο, οι Dickey και Fuller επέκτειναν την διαδικασία του ελέγχου (Επαυξημένο κριτήριο ελέγχου Dickey Fuller – ADF test). Πρότειναν μια επαυξημένη μορφή του τεστ, η οποία περιλαμβάνει την προσθήκη επιπρόσθετων όρων της εξαρτημένης μεταβλητής ( $\Delta x_t$ ) με υστερήσεις στις παραπάνω εξειδικεύσεις και αυτό αποσκοπεί στην εξάλειψη των σχετικών αυτοσυσχετίσεων (Asteriou & Hall, 2016). Οι τρεις νέες/τροποποιημένες μορφές του ελέγχου είναι οι εξής:

$$1^{\eta}: \Delta x_t = \gamma x_{t-1} + \sum_{i=1}^p \beta_i \Delta x_{t-i} + u_t$$

$$2^{\eta}: \Delta x_t = \alpha_0 + \gamma x_{t-1} + \sum_{i=1}^p \beta_i \Delta x_{t-i} + u_t$$

$$3^{\eta}: \Delta x_t = \alpha_0 + \alpha_2 t + \gamma x_{t-1} + \sum_{i=1}^p \beta_i \Delta x_{t-i} + u_t$$

Οι κριτικές τιμές που χρησιμοποιούνται εδώ είναι οι ίδιες με την πρώτη εκδοχή του ελέγχου.

Με προϋπόθεση ότι έχουμε εξασφαλίσει τη στασιμότητα στις αποδόσεις των συναλλαγμάτων, το επόμενο βήμα είναι να αποφασίσουμε για την μορφή της πολυμεταβλητής υποδειγματοποίησης. Πιο συγκεκριμένα θα μας απασχολήσει η επιλογή υποδείγματος για τις εξισώσεις των μέσων και τις υπό συνθήκη διακυμάνσεις-συνδιακυμάνσεις των χρονοσειρών. Η απαραίτητη καθοδήγηση θα μας δοθεί από τα αντίστοιχα/απαραίτητα κριτήρια κι διαγνωστικούς ελέγχους.

Συμβολίζοντας με  $\Omega_{t-1}$  τη διαθέσιμη πληροφόρηση στο χρονικό σημείο  $t-1$ , για τη γενική μορφή της δομής ενός Πολυμεταβλητού GARCH υποδείγματος και ειδικότερα για τη υπό συνθήκη διακύμανση-συνδιακύμανση ισχύουν τα εξής:

1.  $E(u_t | \Omega_{t-1}) = 0$
2.  $E(u_t u_t' | \Omega_{t-1}) \equiv H_t = f(H_{t-1}, H_{t-2}, \dots, u_{t-1}, u_{t-2}, \dots)$

Όπου  $u_t$  το διάνυσμα των καταλοίπων και  $H_t$  ο πίνακας των υπό συνθήκη διακυμάνσεων-συνδιακυμάνσεων.

Ο Doan (2018) σημειώνει ότι από τη συνθήκη (1) προκύπτει ότι η χρονοσειρές  $u_t$  αποτελούν τουλάχιστον ένα διάνυσμα λευκού θορύβου (vector white noise). Η απουσία σειριακής συσχέτισης θα πρέπει να χαρακτηρίζει κάθε σειρά ατομικά και ταυτόχρονα θα πρέπει να υπάρχει μηδενική συσχέτιση κάθε σειράς (καταλοίπων) με τα κατάλοιπα σε

υστέρηση των άλλων σειρών, για το οποίο μπορεί να εξεταστεί η χρήση ενός VAR υποδείγματος. Πριν μας απασχολήσει η μορφή της  $f$  (Multivariate GARCH model) στην 2η συνθήκη, θα μελετήσουμε με τη βοήθεια των AIC, BIC και HQ κριτηρίων την υποδειματοποίηση που θα χρησιμοποιήσουμε για τους μέσους και στη συνέχεια θα πραγματοποιήσουμε διαγνωστικούς ελέγχους για την κάθε χρονοσειρά (καταλοίπων που θα χρησιμοποιηθούν στις εξισώσεις των υπό συνθήκη διακυμάνσεων-συνδιακυμάνσεων) ξεχωριστά, αλλά και σε πολυμεταβλητό πλαίσιο.

### 3.2.2 Διαγνωστικοί έλεγχοι στα κατάλοιπα

Αυτό το τμήμα της ανάλυσης θα βασιστεί σε δύο άξονες (A και B) :

#### 3.2.2.1 EUR/USD, GPU/USD και JPY/USD αποδόσεις – Μονομεταβλητός Διαγνωστικός Έλεγχος

A) Ο πρώτος άξονας αφορά τους διαγνωστικούς ελέγχους στις χρονοσειρές των καταλοίπων ξεχωριστά. Πιο συγκεκριμένα, θα χρησιμοποιήσουμε την στατιστική Ljung-Box (Ljung & Box, 1978) για τους ελέγχους γραμμικής ανεξαρτησίας της κάθε χρονοσειράς (Συριόπουλος, 2004) καταλοίπων και καταλοίπων στο τετράγωνο, όπως και ARCH-Test στις σειρές των καταλοίπων στο τετράγωνο. Ο σκοπός εδώ είναι διπλός : α) Να εξασφαλίσουμε την επάρκεια της υποδειματοποίησης που αποφασίσαμε για τις εξισώσεις των μέσων όσον αφορά την ικανότητα τους να «δημιουργήσουν» ασυσχέτιστα κατάλοιπα β) Να ελέγξουμε την παρουσία υπό συνθήκη ετεροσκεδαστικότητας/ARCH αποτελεσμάτων στα κατάλοιπα στο τετράγωνο ( $\hat{u}_t^2$ ).

Σ' αυτό το σημείο της έρευνάς μας θα γίνει αναφορά στον τρόπο υπολογισμού των Ljung-Box και του ARCH LM test, με σκοπό την καλύτερη κατανόηση των αποτελεσμάτων που θα προκύψουν κατά την εφαρμογή τους.

Ο έλεγχος γραμμικής ανεξαρτησίας με την στατιστική Ljung-Box ισοδυναμεί με τον από κοινού έλεγχο της σημαντικότητας, δηλαδή αν διαφέρουν από το μηδέν, μιας ομάδας συντελεστών αυτοσυσχέτισης. Πιο αναλυτικά, επιλέγουμε τον αριθμό υστερήσεων, έστω  $k$ , κι έπειτα υπολογίζουμε τους συντελεστές αυτοσυσχέτισης  $\rho(k)$ . Σχηματίζουμε τις υποθέσεις:

$H_0: \rho(1) = \rho(2) = \rho(3) = \dots = \rho(k) = 0$

$H_1: \text{όχι όλα τα } \rho(k) = 0 \text{ (ή υπάρχει ένα τουλάχιστον } \rho(k) \neq 0 \text{)}$

Υπολογίζουμε την Q-στατιστική ως εξής:

$$Q(k) = T(T+2) \sum_{m=1}^k (T-m)^{-1} \rho^2(m)$$

όπου T ο αριθμός παρατηρήσεων.

Η Q-στατιστική κατανέμεται ασυμπτωτικά με την  $\chi^2$  κατανομή για k βαθμούς ελευθερίας. Έχοντας επιλέξει ένα επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας  $\alpha$ , συγκρίνουμε τις αντίστοιχες κριτικές τιμές με την Q(k). Αν  $Q(k) > \text{Κριτικής Τιμής}$ , δεν μπορούμε να αποδεχθούμε τη μηδενική υπόθεση. Σημειώνουμε, επιπλέον, ότι στην εργασία μας, ο αριθμός υστερήσεων k, επιλέχθηκε προσεγγιστικά από τον εξής υπολογισμό:

- $k \approx \ln(T) \approx \ln(1977) \approx 7,5893 \approx 8$

Ο Tsay (2010) τονίζει ότι σε πρακτικό επίπεδο η επιλογή του αριθμού υστερήσεων μπορεί να επηρεάσει την απόδοση της Q(m) στατιστικής, αλλά ταυτόχρονα, προσθέτει ότι έρευνες βασιζόμενες σε προσομοιώσεις υποστηρίζουν ότι η επιλογή των υστερήσεων με βάση το «  $k \approx \ln(T)$  » ενισχύει την αποδοτικότητα (power performance). Υπογραμμίζει, όμως, ότι αυτός ο γενικός κανόνας χρειάζεται τροποποίηση κατά την ανάλυση χρονολογικών σειρών που παρουσιάζουν εποχικότητα. Τα δεδομένα μας αποτελούν ημερήσιες αποδόσεις συναλλαγμάτων κι επομένως είναι ασφαλές να υποθέσουμε ότι η χρήση 10 υστερήσεων μας καλύπτει. Διευκρινίζουμε, όμως, ότι δεν αντιλαμβανόμαστε τον  $\ln(T)$  υπολογισμό ως κάποιον «απαραβίαστο κανόνα», αλλά περισσότερο ως μια συμβουλευτική πληροφορία.

Όσον αφορά τις χρονοσειρές καταλοίπων υψωμένες στο τετράγωνο, οι έλεγχοι εδώ (σε κάθε μια ξεχωριστά) θα υποδείξουν ή όχι την ύπαρξη υπό συνθήκη ετεροσκεδαστικότητας (conditional heteroskedasticity). Οι σειρές  $\hat{u}_1$ ,  $\hat{u}_2$  και  $\hat{u}_3$  και των καταλοίπων αντλούνται από τις αντίστοιχες εξισώσεις των μέσων για τις αποδόσεις του ευρώ, της στερλίνας και το γιεν, οι οποίες θα έχουμε αποφασίσει πριν φτάσουμε σ' αυτό το σημείο τι μορφή θα έχουν. Ο Tsay (2013) επισημαίνει ότι υπάρχουν δύο τεστ διαθέσιμα σ' αυτήν την περίπτωση:

- Το πρώτο μπορεί να διεξαχθεί με τη χρήση της στατιστικής Ljung-Box για κατάλοιπα στο τετράγωνο ( $\hat{u}_t^2$ ) ακολουθώντας τους McLeod & Li (1983), οι οποίοι σημειώνουν ότι η συνάρτηση αυτοσυσχέτισης (ACF) και η Q-στατιστική θα υπολογιστεί πλέον ως:

$$\rho_{\hat{u}\hat{u}}(k) = \sum_{t=k+1}^T (\hat{u}_t^2 - \sigma^2)(\hat{u}_{t-k}^2 - \sigma^2) / \sum_{t=1}^T (\hat{u}_t^2 - \sigma^2)^2$$

όπου  $k$  ο αριθμός υστερήσεων,  $T$  ο αριθμός παρατηρήσεων και  $\sigma^2 = \sum \hat{u}_t^2 / n$

$$Q_{\hat{u}\hat{u}}^* = T(T+2) \sum_{m=1}^k (T-m)^{-1} \rho_{\hat{u}\hat{u}}^2(m)$$

Η μηδενική υπόθεση ( $H_0$ ) είναι ότι οι πρώτες  $k$  υστερήσεις της ACF των  $\hat{u}_t^2$  είναι μηδενικές. Η Q-στατιστική κατανέμεται ασυμπτωτικά με την  $\chi^2$  κατανομή για  $k$  βαθμούς ελευθερίας, αν τα  $\hat{u}_t$  είναι ανεξάρτητα.

- Το δεύτερο τεστ αναπτύχθηκε από τον Engle (1982) και αποτελεί έναν έλεγχο του πολλαπλασιαστή του Lagrange (LM). Σύμφωνα με τον Tsay (2013) αυτό το τεστ ισοδυναμεί με τη χρήση της F-στατιστικής για να ελέγξουμε αν  $\alpha_i = 0$  ( $i = 1, \dots, m$ ) στην ακόλουθη παλινδρόμηση:

$$u_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \hat{u}_{t-1}^2 + \alpha_2 \hat{u}_{t-2}^2 + \alpha_3 \hat{u}_{t-3}^2 + \dots + \alpha_m \hat{u}_{t-m}^2 + e_t, \quad t = m+1, \dots, T,$$

όπου  $e_t$  ο διαταρακτικός όρος,  $T$  ο αριθμός των παρατηρήσεων

Η μηδενική ( $H_0$ ) και η εναλλακτική ( $H_1$ ) υπόθεση είναι:

$$H_0 : \alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \dots = \alpha_m = 0$$

$$H_1 : \alpha_i \neq 0 \text{ για κάποιο } i \text{ μεταξύ } 1 \text{ και } m$$

Ορίζουμε ως  $SSR_0 = \sum_{t=m+1}^T (u_t^2 - \bar{u}^2)^2$ , όπου  $\bar{u} = (1/T) \sum_{t=1}^T u_t^2$  είναι ο (δειγματικός) μέσος του  $u_t^2$ ,  $SSR_1 = \sum_{t=m+1}^T \hat{e}_t^2$ , όπου  $\hat{e}_t$  τα κατάλοιπα ελαχίστων τετραγώνων (της προηγούμενης παλινδρόμησης). Προκύπτει, λοιπόν, ότι:

$$F = \frac{(SSR_0 - SSR_1)/m}{SSR_1/(T-2m-1)}$$

ακολουθεί την F-κατανομή με βαθμούς ελευθερίας  $m$  και  $(T - 2m - 1)$  κάτω από τη μηδενική υπόθεση. Ο Brooks (2008), αναφέρει ότι μπορούμε να ελέγξουμε τη μηδενική

υπόθεση με την εξής μεθοδολογία:

Αφού πραγματοποιήσουμε την παλινδρόμηση (4.1), υπολογίζουμε τον συντελεστή προσδιορισμού της,  $R^2$  και κάνουμε χρήση της στατιστικής  $LM = TR^2$ , η οποία ακολουθεί την  $\chi^2$  κατανομή με  $m$  βαθμούς ελευθερίας. Στη συνέχεια επιλέγουμε το επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας «  $\alpha$  » και παίρνουμε τις κριτικές τιμές για τον έλεγχο. Αν  $F > F_\alpha$  ή  $LM > \chi^2_{m(\alpha)}$ , δεν μπορούμε να αποδεχτούμε τη μηδενική υπόθεση ότι δεν υπάρχουν ARCH επιδράσεις και ισοδύναμα υπό συνθήκη ετεροσκεδαστικότητα, ενώ στην αντίθετη περίπτωση δεν μπορούμε να απορρίψουμε τη μηδενική υπόθεση.

### 3.2.2.2 EUR/USD, GPU/USD και JPY/USD αποδόσεις – Πολυμεταβλητός Διαγνωστικός Έλεγχος

B) Με δεδομένο ότι ο τελικός στόχος της έρευνας είναι να προκύψει μια συμπερασματολογία βασισμένη σ' ένα ενιαίο «πλαίσιο» εξέτασης και υποδειγματοποίησης των χρονολογικών σειρών των αποδόσεων, γίνεται κατανοητό ότι και οποιοδήποτε διαγνωστικοί έλεγχοι προηγηθούν, θα πρέπει επίσης να περιλαμβάνουν αυτή τη συνιστώσα. Οι παραπάνω έλεγχοι, στους οποίους έγινε αναφορά, διεξάγονται σε μονομεταβλητό επίπεδο. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι δεν εξετάζεται με κάποιον τρόπο οποιαδήποτε μορφή εξάρτησης των μεταβλητών που μας ενδιαφέρουν. Με βάση τη μεθοδολογία που αναπτύχθηκε από τους Hacker & Hatemi-J (2005), θα εφαρμόσουμε τον Πολυμεταβλητό ARCH Έλεγχο (Multivariate Arch Test) στις σειρές των καταλοίπων, που, όπως και το όνομα του υποδεικνύει, χρησιμοποιείται για να ελέγξει αποτελέσματα/επιδράσεις ARCH (υπό συνθήκη ετεροσκεδαστικότητα) σε πολυμεταβλητό πλαίσιο.

Αυτό το τεστ πραγματοποιεί πολυμεταβλητή παλινδρόμηση όλων των ξεχωριστών συνδυασμών (καταλοίπων)  $u_{i,t}, u_{j,t}$  πάνω σε μια σταθερά και σ' όλες τους ξεχωριστούς συνδυασμούς  $u_{i,t-k}, u_{j,t-k}$  (όπου  $k$  ο αριθμός υστερήσεων), για κάθε  $k$  μέχρι τον αριθμό υστερήσεων που επιλέξαμε κι ελέγχοντας τη σημαντικότητα των συντελεστών αυτών των υστερήσεων (Doan, 2018). Η μηδενική υπόθεση ( $H_0$ ) είναι ότι οι σειρές έχουν μηδενικούς μέσους, δεν παρουσιάζουν αυτοσυσχέτιση και έχουν σταθερή (fixed) μήτρα συνδιακυμáσεων, ενώ η εναλλακτική ( $H_1$ ), που συνδέεται με την παρουσία Multivariate Arch Effects, ότι υπάρχει κάποια μήτρα συντελεστών κάποιου συνδυασμού  $u_{i,t-k}, u_{j,t-k}$  που δεν είναι μηδενική.

### 3.2.3 Από τα *Multivariate GARCH* υποδείγματα στη δυναμική αντιστάθμιση κινδύνου και τα χαρτοφυλάκια ελάχιστης διακύμανσης

#### 3.2.3.1 Η εξειδίκευση του υποδείγματος

Η στατιστική σημαντικότητα των αποτελεσμάτων των μονομεταβλητών και πολυμεταβλητών διαγνωστικών ελέγχων και τα ερευνητικά ερωτήματα της έρευνας μας μπορούν να αναγνωστούν ότι η κατεύθυνση που μας δίνεται είναι η μιας πολυμεταβλητής υποδειματοποίησης. Πιο συγκεκριμένα, 1) η απόδειξη ότι η μήτρα συνδιακυμάνσεων των αποδόσεων είναι χρονικά μεταβαλλόμενη, ο σκοπός μας 2) να μελετήσουμε τις δεσμευμένες διακυμάνσεις-συνδιακυμάνσεις σε συγκεκριμένες περιόδους (Fed QE dummies) και να 3) χρησιμοποιήσουμε αυτές τις χρονοσειρές για αντιστάθμιση κινδύνου και κατασκευή χαρτοφυλακίου ελαχίστου κινδύνου, υποδεικνύουν την επιλογή ενός πολυμεταβλητού GARCH ως την ιδανική.

Σ' αυτό το τμήμα της ανάλυσης από το σύνολο των πιθανών παραμετροποιήσεων για τα Multivariate GARCH υποδείγματα θα αποφασίσουμε για την μορφή της  $f$  στην εξίσωση:

$$E(u_t u_t' | \Omega_{t-1}) \equiv H_t = f(H_{t-1}, H_{t-2}, \dots, u_{t-1}, u_{t-2}, \dots)$$

Τα υποδείγματα που θα εξεταστούν είναι τα εξής:

- CCC (1,1) - GARCH
- CCC (1,1) - GARCH *with asymmetric effects*
- DCC (1,1) - GARCH
- DCC (1,1) - GARCH *with asymmetric effects*
- BEKK (1,1) - GARCH
- BEKK (1,1) - GARCH *with asymmetric effects*

Δύο κατευθυντήριες γραμμές υπάρχουν σχετικά με τη διαδικασία αυτής της επιλογής, από τις οποίες η μία έχει περισσότερη θεωρητική υπόσταση, ενώ η δεύτερη θα βασιστεί στα δεδομένα μας και στα αποτελέσματα κριτηρίων και διαγνωστικών ελέγχων και γι' αυτό θα της δοθεί

περισσότερη έμφαση. Πιο συγκεκριμένα και λαμβάνοντας υπόψιν τη «φύση» των δεδομένων μας, αντιλαμβανόμαστε την υπόθεση του CCC – GARCH για σταθερή (μη χρονικά μεταβαλλόμενη) μήτρα συσχετίσεων ιδιαίτερα αυστηρή. Οι Boffeli & Urga (2016) σημειώνουν ότι αυτή η υπόθεση είναι αρκετά μη-ρεαλιστική για πολλές εμπειρικές εφαρμογές. Επιπλέον, τα DCC-GARCH, αν και υποδειγματοποιούν τη χρονικά μεταβαλλόμενη συσχέτιση, αποδέχονται κοινή παραμετροποίηση της δυναμικής συμπεριφοράς όλων των σειρών υπό συνθήκη συσχετίσεων. Αντίθετα, τα BEKK – GARCH υποδείγματα δεν αντιμετωπίζουν αυτές τις αδυναμίες και ταυτόχρονα υπό το πρίσμα των ερευνητικών μας ερωτημάτων, μπορούμε να υποστηρίξουμε ότι η επιλογή τους φαίνεται ως η κατάλληλότερη. Όσον αφορά την πρακτική προσέγγιση του ζητήματος, θα εκτιμήσουμε όλες τα υποδείγματα που αναφέραμε, θα υπολογίσουμε τις τιμές των κριτηρίων AIC, SBC, HQ και (log) FPE που χρησιμοποιούνται για επιλογή υποδειγμάτων, αλλά παράλληλα, θα εξετάσουμε και αν εξαλείφθηκε το πρόβλημα της υπό συνθήκη ετεροσκεδαστικότητας στα τυποποιημένα κατάλοιπα, τόσο για κάθε σειρά ξεχωριστά (*univariate test*), αλλά και για τις σειρές μεταξύ τους (*multivariate test*).

Η επιλογή της κατάλληλης υποδειγματοποίησης θα πρέπει να βασίζεται στην ελαχιστοποίηση των AIC (Akaike, 1973), BIC/SBC (Schwarz, 1978), HQ (Hannan & Quinn, 1979) και (log) FPE (Akaike, 1969, 1970) κριτηρίων, αλλά ταυτόχρονα, είναι αναγκαίο οι διαγνωστικοί έλεγχοι στα τυποποιημένα κατάλοιπα και τυποποιημένα τετράγωνα των καταλοίπων να υποδεικνύουν την απουσία της υπό συνθήκη ετεροσκεδαστικότητας. Για λόγους πληρότητας οι έλεγχοι κι εδώ πραγματοποιούνται τόσο σε μονομεταβλητό επίπεδο (κάθε τυποποιημένη/standardized σειρά  $\hat{u}_{1t}$ ,  $\hat{u}_{2t}$ ,  $\hat{u}_{3t}$  και  $\hat{u}_{1t}^2$ ,  $\hat{u}_{2t}^2$ ,  $\hat{u}_{3t}^2$ <sup>5</sup>) με τη Ljung-Box στατιστική, αλλά και σε πολυμεταβλητό με τον έλεγχο των Hacker & Hatemi-J (2005).

Μόνο υπό την προϋπόθεση ότι έχουμε εξασφαλίσει την κατάλληλη εξειδίκευση του υποδείγματος μπορούμε να ξεκινήσουμε να καταγράφουμε τις παρατηρήσεις μας, να προσδιορίζουμε και να δίνουμε ερμηνείες σε φαινόμενα που παρατηρούμε και τέλος να εξάγουμε συμπεράσματα τα οποία θα απαντούν στα ερευνητικά μας ερωτήματα,. Η μελέτη των επιδράσεων της εφαρμογής Ποσοτικής Χαλάρωσης από την Fed στο ευρώ, τη στερλίνα και το γιεν ανάγεται σε μελέτη των συντελεστών των ψευδομεταβλητών, που εισέρχονται στην υποδειγματοποίηση, τόσο ως προς τη στατιστική σημαντικότητα, όσο και προς το πρόσημό τους.

---

<sup>5</sup> Οι δείκτες 1, 2 και 3 αναφέρονται στις εξισώσεις των αποδόσεων του EUR/USD, GBP/USD και JPY/USD αντίστοιχα.



### 3.2.3.2 Δυναμική αντιστάθμιση κινδύνου και κατασκευή χαρτοφυλακίων ελάχιστης διακύμανσης με χρονικά μεταβαλλόμενες σταθμίσεις

Στο κεφάλαιο για το θεωρητικό υπόβαθρο που απαιτεί αυτή η έρευνα έγινε αναφορά στην αντιστάθμιση κινδύνου. Οι Kroner & Sultan (1993) στην έρευνα τους κάνουν λόγο για δυνητικά ανώτερη αποτελεσματικότητα μιας χρονικά μεταβαλλόμενης στρατηγικής hedging. Από μια θεωρητική και πρακτική σκοπιά αυτή η παρατήρηση δεν μπορεί να χαρακτηριστεί ως μη αναμενόμενη. Η έννοια του ρίσκου, που «εκπροσωπείται» από την διακύμανση/τυπική απόκλιση, όπως έχει καθιερωθεί, έχει μεταβαλλόμενες ιδιότητες στις χρονολογικές σειρές. Σ' αυτό το σημείο η βιβλιογραφία των (*Univariate*) GARCH και *Multivariate* GARCH υποδειγμάτων αξιοποιείται με σκοπό τη δόμησης μιας παραμετροποίησης που θα αναγνωρίζει χρονικά μεταβαλλόμενη «συμπεριφορά» στη διακύμανση (η λεγόμενη δεσμευμένη ή υπό συνθήκη διακύμανση). Βάσιμη και σκόπιμη, λοιπόν, θεωρούμε και την μετάβαση από:

$$\text{HedgeRatio} \rightarrow \text{HedgeRatio}_{[t]}$$

όπου ο δείκτης  $t$  κάνει ορατή τη μεταβολή στο χρόνο

Σύμφωνα με τον Sadorsky (2012) μπορούμε να αντισταθμίσουμε μια θέσης αγοράς ενός περιουσιακού στοιχείου  $i$  με μια θέση πώλησης ένα περιουσιακό στοιχείο  $j$ , υπολογίζοντας το ποσοστό αντιστάθμισης ως εξής:

$$\text{HedgeRatio}_{[t]} = \frac{\text{Συνδιακύμανση}(i,j)[t]}{\text{Διακύμανση}(j)[t]} = \frac{\text{Covariance}(i,j)[t]}{\text{Variance}(j)[t]}$$

Όπου ο δείκτης  $t$  υποδηλώνει μεταβολή στο χρόνο

Κατά την παρούσα εργασία στο επίκεντρο της ανάλυσης βρίσκονται τα EUR/USD, GBP/USD και JPY/USD. Κατ' επέκταση τα  $(i,j)$  θα συνδεθούν με τα συναλλάγματα (ζευγάρια τους) που εξετάζουμε και δεν θα ακολουθήσουμε την πιο «παραδοσιακή» προσέγγιση που ακολουθείται σε αναλύσεις στρατηγικών αντιστάθμισης κινδύνου, όπου τον ρόλο του « $j$ » συνήθως κατέχει κάποιο παράγωγο χρηματοοικονομικό προϊόν (π.χ. ένα συμβόλαιο μελλοντικής εκπλήρωσης/futures contract). Αυτή η επιλογή, εκτός του γεγονότος ότι υποδεικνύεται από τους στόχους που θέσαμε, προσθέτει «καινοτομικά στοιχεία» στην έρευνά μας.

Στην υποπαράγραφο για την εξειδίκευση του υποδείγματος είχαμε αναφέρει ως ιδανική τη χρήση ενός πολυμεταβλητού GARCH με βάση (και) τα ερευνητικά μας ερωτήματα. Ένα τέτοιο

υπόδειγμα ουσιαστικά γεφυρώνει τη δυνατότητα μας να εξετάσουμε τον τρόπο που επηρεάζουν οι ψευδομεταβλητές μας τη δεσμευμένη μήτρα συνδιακυμάνσεων, ενώ ταυτόχρονα, ο υπολογισμός της θα αξιοποιηθεί έπειτα για τον προσδιορισμό των βέλτιστων λόγων αντιστάθμισης και των σταθμίσεων για χαρτοφυλάκια ελάχιστης διακύμανσης,<sup>6</sup> που αμφότερα μεταβάλλονται στο χρόνο.

Σύμφωνα την μεθοδολογία των Kroner & Ng (1998), ένας επενδυτής, με δυνατότητα μόνο θέσεων αγοράς (long positions), για να υπολογίσει τις βέλτιστες<sup>7</sup> χρονικά μεταβαλλόμενες σταθμίσεις του χαρτοφυλακίου δύο συναλλαγμάτων (i και j) λύνει σε κάθε χρονική στιγμή t :

(Στην έρευνα των Kroner & Ng (1998) γίνεται η υπόθεση για μηδενικές αναμενόμενες αποδόσεις, την οποία ακολουθούμε και στην παρούσα ανάλυση για τα χαρτοφυλάκια των δύο και τριών συναλλαγμάτων. Επομένως, η προσέγγιση και επίλυση των προβλημάτων γίνεται αποκλειστικά υπό την οπτική γωνία μιας «Risk minimizing» στρατηγικής.)

$$\text{Weight}[i,t] = (h_{jj,t} - \rho_{ij,t} \cdot \sqrt{h_{ii,t}} \cdot \sqrt{h_{jj,t}}) / (h_{ii,t} + h_{jj,t} - 2 \cdot \rho_{ij,t} \cdot \sqrt{h_{ii,t}} \cdot \sqrt{h_{jj,t}}) =$$

$$= (h_{jj,t} - h_{ij,t}) / (h_{ii,t} + h_{jj,t} - 2 \cdot h_{ij,t})$$

Όπου  $h_{ii,t}$ ,  $h_{jj,t}$  οι δεσμευμένες διακυμάνσεις για i και j αντίστοιχα

Ο τύπος που χρησιμοποιείται για υπολογισμό δεσμευμένων συσχετίσεων είναι :

- $\rho_{ij,t} = h_{ij,t} / \sqrt{h_{ii,t} h_{jj,t}}$  , με  $-1 \leq \rho_{ij,t} \leq 1$  για κάθε t

Συνεπώς,

$$\text{Weight}_{i,t}^* = \begin{cases} 0, & \text{αν } \text{Weight}[i,t] < 0 \\ \text{Weight}[i,t], & \text{αν } 0 < \text{Weight}[i,t] < 1 \\ 1, & \text{αν } \text{Weight}[i,t] > 1 \end{cases}$$

Το  $\text{Weight}_{j,t}^*$  δίνεται από:  $\text{Weight}_{j,t}^* = 1 - \text{Weight}_{i,t}^*$

Αποδεικνύεται, λοιπόν, ότι μετά την εκτίμηση ενός πολυμεταβλητού GARCH όλες οι σειρές που συμμετέχουν στους υπολογισμούς θα είναι διαθέσιμες. Αντίστοιχα, για ένα

<sup>6</sup> Όπως θα δειχθεί παρακάτω

<sup>7</sup> Για ένα χαρτοφυλάκιο ελάχιστης διακύμανσης

χαρτοφυλάκιο που περιλαμβάνει περισσότερα από δύο συναλλάγματα (στην περίπτωση μας 3), ο επενδυτής που αναζητά χαρτοφυλάκιο ελάχιστης διακύμανσης, αλλά και ποιες σταθμίσεις απαιτεί αυτό στο χρόνο, αντιμετωπίζει το ακόλουθο πρόβλημα ελαχιστοποίησης (*quadratic programming problem*) σε κάθε χρονική στιγμή  $t$ :

$$\text{Min } \frac{1}{2} h_{portfolio, t} = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{n=3} \sum_{j=1}^{n=3} \text{Weight}_i \cdot \text{Weight}_j \cdot h_{ij, t} = \frac{1}{2} (\text{Weight}^T \cdot \mathbf{H}_t \cdot \text{Weight})$$

υπό τους περιορισμούς:

$$\sum_{i=1}^{n=3} \text{Weight}_i = 1$$

Και υποθέτοντας ότι ο επενδυτής έχει δυνατότητα μόνο για θέσεις αγοράς

$$\text{Weight}_1, \text{Weight}_2, \text{Weight}_3 \geq 0$$

Όπου  $\text{Weight}^T = (\text{Weight}_1, \text{Weight}_2, \text{Weight}_3)$  και  $\mathbf{H}_t$  η  $[3 \times 3]$  υπό συνθήκη μήτρα συνδιακυμάνσεων.

Η επίλυση για τις σταθμίσεις σε κάθε χρόνο  $t$  και στις δύο περιπτώσεις χαρτοφυλακίων παρέχει μια πολύτιμη οπτική ημερήσιας συχνότητας για τον χρονικό ορίζοντα που εξετάζουμε. Προβληματισμοί που συνδέονται με το πώς δομείται ένα χαρτοφυλάκιο ελάχιστου ρίσκου συναλλαγμάτων σ' αυτές τις περιόδους, τι αλλαγές σημειώνονται σ' αυτό για το διάστημα που βρίσκεται σε εξέλιξη ένα QE πρόγραμμα, μεταξύ διαφορετικών QE αλλά και με την ολοκλήρωση του QE3, πόσο απέχει μια απλοϊκή προσέγγιση στρατηγικής σταθερών και ίσων σταθμίσεων από τα χαρτοφυλάκια που θα κατασκευάσουμε και πόσο σημαντικό είναι να μελετά ένας επενδυτής την μεταβλητότητα αναγνωρίζοντας σ' αυτήν χρονικά μεταβαλλόμενα «χαρακτηριστικά», θα απαντηθούν εδώ μεταξύ άλλων.

## Κεφάλαιο 4

### Εμπειρικά Αποτελέσματα Και Συζήτηση

#### 4.1 Στασιμότητα των συναλλαγματικών αποδόσεων

Η βάση για την ανάλυση χρονολογικών σειρών είναι η στασιμότητα (Tsay, 2010). Συνεπώς, αφετηρία της εμπειρικής ανάλυσης αποτέλεσε ο έλεγχος στασιμότητας με βάση τους ελέγχους DF και ADF, τους οποίους περιγράψαμε στο Κεφάλαιο 4, για τις χρονολογικές σειρές των αποδόσεων των υπό εξέταση συναλλαγματικών ισοτιμιών EUR/USD, GBP/USD, JPY/USD.

Αρχικά, έπρεπε να αποφανθούμε για τον αριθμό των υστερήσεων που θα συμπεριλάβουμε και τη μορφή της εξειδίκευσης του ADF test. Πραγματοποιήσαμε τον έλεγχο για όλες τις πιθανές μορφές εξειδίκευσης (χωρίς σταθερά και προσδιοριστική τάση, με σταθερά, με σταθερά και προσδιοριστική τάση), ενώ για τον αριθμό των υστερήσεων αξιοποιήσαμε τα Akaike Information Criterion (AIC), Bayesian Information Criterion (BIC) ή Schwarz Bayesian Criterion (SBC) και το Hannan-Quinn criterion (HQ). Για τη χρονοσειρά EUR/USD αποδόσεων επιλέξαμε να μην προσθέσουμε υστερήσεις σ' όλες τις εξειδικεύσεις, όπως υποδεικνύουν δύο εκ των τριών κριτηρίων και πιο συγκεκριμένα τα BIC και HQ κριτήρια (Πίνακας 4.1). Στα ίδια ακριβώς συμπεράσματα οδηγηθήκαμε και για τις χρονοσειρές των GBP/USD και JPY/USD αποδόσεων (Πίνακες 4.3 και 4.5 αντίστοιχα). Απόρροια αυτής της επιλογής είναι ότι ο έλεγχος στασιμότητας που θα διεξαχθεί τελικά είναι ο DF.

Στους Πίνακες 4.2 (EUR/USD αποδόσεις), 4.4 (GBP/USD αποδόσεις) και 4.6 (JPY/USD αποδόσεις) παρουσιάζουμε τα αποτελέσματα του DF τεστ για τις τρεις εξειδικεύσεις και για κάθε μια από τις χρονολογικές σειρές. Για όλες τις περιπτώσεις των συναλλαγματικών ισοτιμιών δεν μπορούμε να αποδεχθούμε σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας  $\alpha = 0,01$  τη μηδενική υπόθεση κι επομένως καταλήγουμε ότι οι σειρές είναι στάσιμες.

# Πίνακας 4.1

Κριτήρια πληροφορίας για την επιλογή του αριθμού υστερήσεων στο ADF τεστ

| <i>Information Criteria for ADF Lag Lengths</i><br><i>Series EUR/USD log returns (REUR)</i> |                            |            |           |                |            |           |                          |            |           |
|---|----------------------------|------------|-----------|----------------|------------|-----------|--------------------------|------------|-----------|
| Lags  | Without intercept or trend |            |           | With intercept |            |           | With intercept and trend |            |           |
|   | <i>AIC</i>                 | <i>BIC</i> | <i>HQ</i> | <i>AIC</i>     | <i>BIC</i> | <i>HQ</i> | <i>AIC</i>               | <i>BIC</i> | <i>HQ</i> |
| 0   | -0,809                     | -0,806*    | -0,808*   | -0,808         | -0,802*    | -0,806*   | -0,807                   | -0,799*    | -0,804*   |
| 1   | -0,809*                    | -0,803     | -0,807    | -0,808*        | -0,800     | -0,805    | -0,807*                  | -0,796     | -0,803    |
| 2   | -0,808                     | -0,800     | -0,805    | -0,807         | -0,796     | -0,803    | -0,807                   | -0,792     | -0,801    |
| 3   | -0,807                     | -0,796     | -0,803    | -0,806         | -0,792     | -0,801    | -0,806                   | -0,789     | -0,799    |
| 4   | -0,806                     | -0,792     | -0,801    | -0,805         | -0,788     | -0,799    | -0,805                   | -0,785     | -0,797    |
| 5   | -0,805                     | -0,788     | -0,799    | -0,804         | -0,784     | -0,797    | -0,804                   | -0,781     | -0,795    |
| 6   | -0,805                     | -0,785     | -0,797    | -0,804         | -0,781     | -0,795    | -0,803                   | -0,777     | -0,794    |
| 7   | -0,805                     | -0,783     | -0,797    | -0,804         | -0,779     | -0,795    | -0,804                   | -0,775     | -0,793    |
| 8   | -0,804                     | -0,779     | -0,795    | -0,803         | -0,775     | -0,793    | -0,803                   | -0,771     | -0,791    |
| 9   | -0,805                     | -0,777     | -0,795    | -0,804         | -0,773     | -0,793    | -0,803                   | -0,769     | -0,791    |
| 10  | -0,804                     | -0,773     | -0,793    | -0,803         | -0,769     | -0,791    | -0,802                   | -0,765     | -0,789    |
| 11  | -0,805                     | -0,771     | -0,793    | -0,804         | -0,767     | -0,791    | -0,804                   | -0,764     | -0,789    |
| 12  | -0,806                     | -0,769     | -0,793    | -0,805         | -0,765     | -0,791    | -0,804                   | -0,762     | -0,789    |
| 13  | -0,805                     | -0,765     | -0,790    | -0,804         | -0,762     | -0,789    | -0,803                   | -0,758     | -0,787    |
| 14  | -0,804                     | -0,761     | -0,788    | -0,803         | -0,758     | -0,786    | -0,802                   | -0,754     | -0,785    |

Σημείωση: \* υποδηλώνει την ελαχιστοποίηση του κριτηρίου

# Πίνακας 4.2

Έλεγχος στασιμότητας Dickey-Fuller

## Dickey-Fuller Unit Root Test on (logarithmic) EUR/USD returns

| Without intercept or trend |                       |                         | With intercept        |                         | With intercept and trend |  |
|----------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------|--------------------------|--|
| <i>Signif. Level</i>       | <i>Critical Value</i> | <i>Signif. Level</i>    | <i>Critical Value</i> | <i>Signif. Level</i>    | <i>Critical Value</i>    |  |
| 1% (***)                   | -2,5668               | 1% (***)                | -3,4365               | 1% (***)                | -3,9680                  |  |
| 5% (**)                    | -1,9395               | 5% (**)                 | -2,8635               | 5% (**)                 | -3,4146                  |  |
| 10% (*)                    | -1,6157               | 10% (*)                 | -2,5678               | 10% (*)                 | -3,1291                  |  |
| T-Statistic -44,4670***    |                       | T-Statistic -44,4649*** |                       | T-Statistic -44,4562*** |                          |  |

### Πίνακας 4.3

Κριτήρια πληροφορίας για την επιλογή του αριθμού υστερήσεων στο ADF τεστ

#### Information Criteria for ADF Lag Lengths Series GBP/USD log returns (RGBP)

| Lags | Without intercept or trend |         |         | With intercept |         |         | With intercept and trend |         |         |
|------|----------------------------|---------|---------|----------------|---------|---------|--------------------------|---------|---------|
|      | AIC                        | BIC     | HQ      | AIC            | BIC     | HQ      | AIC                      | BIC     | HQ      |
| 0    | -0,947                     | -0,944* | -0,946* | -0,946         | -0,940* | -0,944* | -0,945                   | -0,936* | -0,942* |
| 1    | -0,947                     | -0,941  | -0,945  | -0,946         | -0,937  | -0,943  | -0,945                   | -0,933  | -0,940  |
| 2    | -0,946                     | -0,938  | -0,943  | -0,945         | -0,934  | -0,941  | -0,944                   | -0,930  | -0,939  |
| 3    | -0,946                     | -0,935  | -0,942  | -0,945         | -0,931  | -0,940  | -0,944                   | -0,927  | -0,938  |
| 4    | -0,948                     | -0,933  | -0,942  | -0,947         | -0,930  | -0,941  | -0,946                   | -0,926  | -0,938  |
| 5    | -0,948                     | -0,931  | -0,942  | -0,947         | -0,927  | -0,940  | -0,946                   | -0,923  | -0,937  |
| 6    | -0,947                     | -0,927  | -0,940  | -0,946         | -0,924  | -0,938  | -0,945                   | -0,920  | -0,936  |
| 7    | -0,947                     | -0,924  | -0,938  | -0,946         | -0,920  | -0,936  | -0,945                   | -0,916  | -0,934  |
| 8    | -0,946                     | -0,920  | -0,936  | -0,945         | -0,916  | -0,934  | -0,944                   | -0,913  | -0,932  |
| 9    | -0,948                     | -0,920  | -0,938  | -0,947         | -0,916  | -0,936  | -0,946                   | -0,912  | -0,934  |
| 10   | -0,949                     | -0,917  | -0,937  | -0,948*        | -0,914  | -0,935  | -0,947*                  | -0,910  | -0,933  |
| 11   | -0,948                     | -0,914  | -0,935  | -0,947         | -0,910  | -0,933  | -0,946                   | -0,906  | -0,931  |
| 12   | -0,947                     | -0,910  | -0,934  | -0,946         | -0,906  | -0,932  | -0,945                   | -0,903  | -0,930  |
| 13   | -0,946                     | -0,907  | -0,932  | -0,946         | -0,903  | -0,930  | -0,945                   | -0,899  | -0,928  |
| 14   | -0,949*                    | -0,906  | -0,933  | -0,948         | -0,902  | -0,931  | -0,947                   | -0,898  | -0,929  |

Σημείωση: \* υποδηλώνει την ελαχιστοποίηση του κριτηρίου

### Πίνακας 4.4

Έλεγχος στασιμότητας Dickey-Fuller

#### Dickey-Fuller Unit Root Test on (logarithmic) GBP/USD returns

| Without intercept or trend     |                |               | With intercept                 |               | With intercept and trend       |  |
|--------------------------------|----------------|---------------|--------------------------------|---------------|--------------------------------|--|
| Signif. Level                  | Critical Value | Signif. Level | Critical Value                 | Signif. Level | Critical Value                 |  |
| 1% (***)                       | -2,5668        | 1% (***)      | -3,4365                        | 1% (***)      | -3,9680                        |  |
| 5% (**)                        | -1,9395        | 5% (**)       | -2,8635                        | 5% (**)       | -3,4146                        |  |
| 10% (*)                        | -1,6157        | 10% (*)       | -2,5678                        | 10% (*)       | -3,1291                        |  |
| <b>T-Statistic -43,3422***</b> |                |               | <b>T-Statistic -43,3407***</b> |               | <b>T-Statistic -43,3315***</b> |  |

Πίνακας 4.5

Κριτήρια πληροφορίας για την επιλογή του αριθμού υστερήσεων στο ADF τεστ

*Information Criteria for ADF Lag Lengths*  
*Series JPY/USD log returns (RJPY)*

| Lags | Without intercept or trend |            |           | With intercept |            |           | With intercept and trend |            |           |
|------|----------------------------|------------|-----------|----------------|------------|-----------|--------------------------|------------|-----------|
|      | <i>AIC</i>                 | <i>BIC</i> | <i>HQ</i> | <i>AIC</i>     | <i>BIC</i> | <i>HQ</i> | <i>AIC</i>               | <i>BIC</i> | <i>HQ</i> |
| 0    | -0,848                     | -0,845*    | -0,847*   | -0,847         | -0,841*    | -0,845*   | -0,846                   | -0,838*    | -0,843*   |
| 1    | -0,848*                    | -0,842     | -0,846    | -0,847*        | -0,838     | -0,844    | -0,847*                  | -0,835     | -0,842    |
| 2    | -0,847                     | -0,838     | -0,844    | -0,846         | -0,835     | -0,842    | -0,845                   | -0,831     | -0,840    |
| 3    | -0,846                     | -0,835     | -0,842    | -0,845         | -0,831     | -0,840    | -0,845                   | -0,828     | -0,838    |
| 4    | -0,848                     | -0,833     | -0,842    | -0,847         | -0,830     | -0,840    | -0,846                   | -0,826     | -0,839    |
| 5    | -0,847                     | -0,830     | -0,840    | -0,846         | -0,826     | -0,838    | -0,845                   | -0,823     | -0,837    |
| 6    | -0,846                     | -0,826     | -0,838    | -0,845         | -0,822     | -0,836    | -0,844                   | -0,819     | -0,835    |
| 7    | -0,845                     | -0,822     | -0,836    | -0,844         | -0,818     | -0,834    | -0,843                   | -0,815     | -0,833    |
| 8    | -0,845                     | -0,819     | -0,836    | -0,844         | -0,816     | -0,834    | -0,844                   | -0,812     | -0,832    |
| 9    | -0,844                     | -0,816     | -0,834    | -0,843         | -0,812     | -0,832    | -0,843                   | -0,809     | -0,830    |
| 10   | -0,844                     | -0,813     | -0,832    | -0,843         | -0,809     | -0,830    | -0,843                   | -0,806     | -0,829    |
| 11   | -0,843                     | -0,809     | -0,830    | -0,842         | -0,805     | -0,828    | -0,842                   | -0,802     | -0,827    |
| 12   | -0,844                     | -0,807     | -0,830    | -0,843         | -0,803     | -0,828    | -0,842                   | -0,800     | -0,827    |
| 13   | -0,843                     | -0,803     | -0,829    | -0,842         | -0,800     | -0,827    | -0,842                   | -0,796     | -0,825    |
| 14   | -0,842                     | -0,800     | -0,827    | -0,841         | -0,796     | -0,825    | -0,841                   | -0,792     | -0,823    |

Σημείωση: \* υποδηλώνει την ελαχιστοποίηση του κριτηρίου

Πίνακας 4.6

Έλεγχος στασιμότητας Dickey-Fuller

**Dickey-Fuller Unit Root Test on (logarithmic) JPY/USD returns**

| Without intercept or trend            |                       | With intercept                        |                       | With intercept and trend              |                       |
|---------------------------------------|-----------------------|---------------------------------------|-----------------------|---------------------------------------|-----------------------|
| <i>Signif. Level</i>                  | <i>Critical Value</i> | <i>Signif. Level</i>                  | <i>Critical Value</i> | <i>Signif. Level</i>                  | <i>Critical Value</i> |
| 1% (***)                              | -2,5668               | 1% (***)                              | -3,4365               | 1% (***)                              | -3,9680               |
| 5% (**)                               | -1,9395               | 5% (**)                               | -2,8635               | 5% (**)                               | -3,4146               |
| 10% (*)                               | -1,6157               | 10% (*)                               | -2,5678               | 10% (*)                               | -3,1291               |
| <b><i>T-Statistic</i> -44,7424***</b> |                       | <b><i>T-Statistic</i> -44,7311***</b> |                       | <b><i>T-Statistic</i> -44,7584***</b> |                       |

## 4.2 Εξισώσεις των μέσων και διαγνωστικοί έλεγχοι στα κατάλοιπα και τα τετράγωνά τους

Τα αποτελέσματα της εφαρμογής των κριτηρίων AIC, BIC και HQ με σκοπό να εξετάσουμε την τάξη (τον αριθμό υστερήσεων) του VAR υποδείγματος βρίσκονται στον Πίνακα 4.7. Δύο εκ των τριών κριτηρίων και πιο συγκεκριμένα τα BIC και HQ υποδεικνύουν μηδέν υστερήσεις, ενώ το AIC τη μία υστέρηση. Ακολουθώντας τα BIC και HQ κριτήρια δε θα χρησιμοποιήσουμε VAR υπόδειγμα και τελικά οι εξισώσεις των μέσων θα πάρουν την εξής μορφή:

$$\begin{cases} reur_t = \mu_1 + u_{1t} & (\text{Εξίσωση 4.1}) \\ rGBP_t = \mu_2 + u_{2t} & (\text{Εξίσωση 4.2}) \\ rJPY_t = \mu_3 + u_{3t} & (\text{Εξίσωση 4.3}) \end{cases}$$

Πίνακας 4.7

| VAR Lag Selection: Information Criteria |         |         |         |
|---|---------|---------|---------|
|   | AICc    | SBC/BIC | HQ      |
| <i>Lags</i>                             |         |         |         |
| 0                                       | 5,4060  | 5,4145* | 5,4091* |
| 1                                       | 5,4019* | 5,4360  | 5,4144  |
| 2                                       | 5,4062  | 5,4658  | 5,4280  |
| 3                                       | 5,4115  | 5,4965  | 5,4426  |
| 4                                       | 5,4166  | 5,5271  | 5,4570  |
| 5                                       | 5,4173  | 5,5531  | 5,4670  |
| 6                                       | 5,4210  | 5,5823  | 5,4799  |
| 7                                       | 5,4261  | 5,6127  | 5,4942  |
| 8                                       | 5,4307  | 5,6427  | 5,5080  |
| 9                                       | 5,4327  | 5,6699  | 5,5191  |
| 10                                      | 5,4362  | 5,6987  | 5,5317  |

Σημείωση: \* δηλώνει την τιμή που ελαχιστοποιεί το κριτήριο



Στους Πίνακες 4.8, 4.9 και 4.10 υπολογίσαμε για τα κατάλοιπα των εξισώσεων των μέσων τη Ljung-Box στατιστική, για την οποία αναφέρονται τα Q-Statistic και η αντίστοιχη p-value. Επίσης, σε μορφή γραφημάτων αυτή τη φορά, τα σχήματα 4.1, 4.2 και 4.3 παρουσιάζουν τις ACF και PACF. Ο Tsay (2010) σημειώνει ότι πρακτικά αν όλες οι ACF είναι κοντά στο μηδέν, τότε η χρονολογική σειρά είναι λευκός θόρυβος (white noise). Για τα κατάλοιπα  $u_{1t}$ ,  $u_{2t}$  και  $u_{3t}$  παρατηρούμε στα αντίστοιχα διαγράμματα ότι οι τιμές των ACF και PACF είναι κοντά στο μηδέν και παράλληλα για την Q-στατιστική οι p-values  $> 0,05$  για όλες τις υστερήσεις. Μπορούμε να αποφανθούμε λοιπόν ότι οι χρονοσειρές των καταλοίπων είναι λευκός θόρυβος και κατ' επέκταση να επιβεβαιώσουμε την επάρκεια των υποδειγμάτων των μέσων. Όσον αφορά τα αποτελέσματα των ελέγχων στα τετράγωνα των καταλοίπων ( $u_t^2$ ), η Ljung-Box στατιστική και το ARCH-LM τεστ υποδηλώνουν την ύπαρξη υπό συνθήκη ετεροσκεδαστικότητας/αποτελέσματα ARCH και στις τρεις περιπτώσεις καταλοίπων (για  $u_{1t}$ ,  $u_{2t}$  και  $u_{3t}$ , Πίνακες 4.8, 4.9 και 4.10 αντίστοιχα). Πιο αναλυτικά, για τα  $\hat{u}_{1t}^2$ , με την εξαίρεση της πρώτης υστέρησης, δεν μπορούμε να αποδεχθούμε τη μηδενική υπόθεση των ελέγχων για όλες τις υπόλοιπες υστερήσεις (Πίνακας 4.8, p-values  $< 0,05$ ), για τα  $\hat{u}_{2t}^2$  δεν μπορούμε να αποδεχθούμε τη μηδενική υπόθεση για όλες τις υστερήσεις και στα δύο τεστ (Πίνακας 4.9, p-values  $< 0,05$ ) και τέλος, τα αποτελέσματα των ελέγχων για  $\hat{u}_{3t}^2$  είναι στατιστικά σημαντικά για όλες τις υστερήσεις (Πίνακας 4.10, p-values  $< 0,05$ ).

#### Πίνακας 4.8

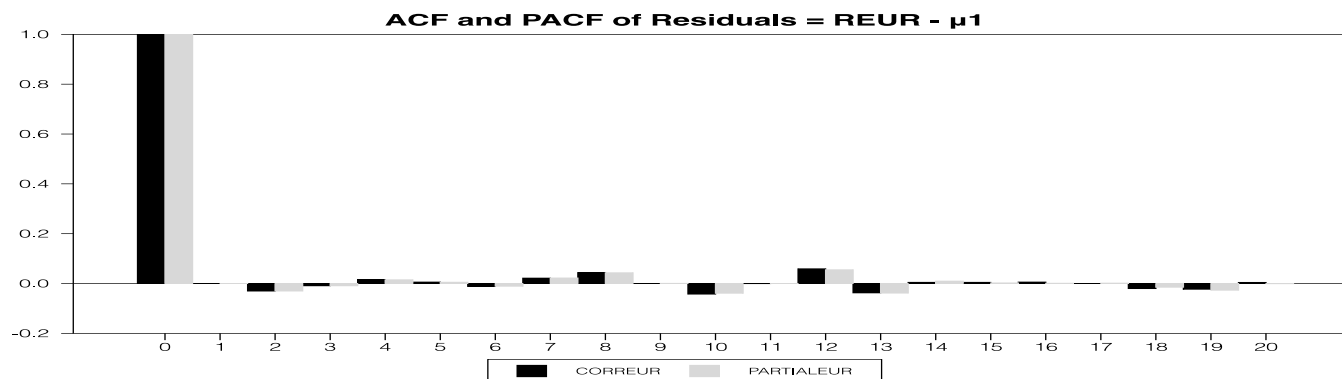
*Ljung-Box* στατιστική για τα κατάλοιπα της εξίσωσης του μέσου της χρονοσειράς EUR/USD αποδόσεων και  
*Ljung-Box* στατιστική & ARCH-LM Test στα τετράγωνα των καταλοίπων ( $\hat{u}_{it}^2$ )

| Lags | Ljung-Box<br>Residuals |                                 | ARCH-LM Test<br>Squared Residuals |                                 | Ljung-Box          |                                 |
|------|------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|--------------------|---------------------------------|
|      | <i>Q-Statistic</i>     | <i>Signif Lvl<br/>(p-value)</i> | <i>Statistic</i>                  | <i>Signif Lvl<br/>(p-value)</i> | <i>Q-Statistic</i> | <i>Signif Lvl<br/>(p-value)</i> |
|      |                        |                                 |                                   |                                 |                    |                                 |
| 1    | 7,4e-05                | 0,9931                          | 2,004                             | 0,1570                          | 2,008              | 0,156455                        |
| 2    | 1,861                  | 0,3943                          | 35,466                            | (0,0000)***                     | 69,410             | (0,0000)***                     |
| 3    | 2,040                  | 0,5641                          | 24,931                            | (0,0000)***                     | 77,135             | (0,0000)***                     |
| 4    | 2,559                  | 0,6341                          | 23,254                            | (0,0000)***                     | 109,262            | (0,0000)***                     |
| 5    | 2,634                  | 0,7562                          | 19,144                            | (0,0000)***                     | 113,687            | (0,0000)***                     |
| 6    | 2,934                  | 0,8170                          | 21,356                            | (0,0000)***                     | 164,845            | (0,0000)***                     |
| 7    | 3,894                  | 0,7918                          | 19,392                            | (0,0000)***                     | 179,763            | (0,0000)***                     |
| 8    | 7,837                  | 0,4495                          | 17,143                            | (0,0000)***                     | 194,064            | (0,0000)***                     |
| 9    | 7,837                  | 0,5506                          | 16,047                            | (0,0000)***                     | 215,917            | (0,0000)***                     |
| 10   | 11,503                 | 0,3196                          | 15,374                            | (0,0000)***                     | 241,123            | (0,0000)***                     |

Σημείωση: \*\*\* δείχνει στατιστική σημαντικότητα σε επίπεδο 1%

#### Σχήμα 4.1

Συναρτήσεις αυτοσυσχέτισης (ACF) και μερικής αυτοσυσχέτισης (PACF) των καταλοίπων της εξίσωσης 4.1



#### Πίνακας 4.9

*Ljung-Box* στατιστική για τα κατάλοιπα της εξίσωσης του μέσου της χρονοσειράς GBP/USD αποδόσεων και

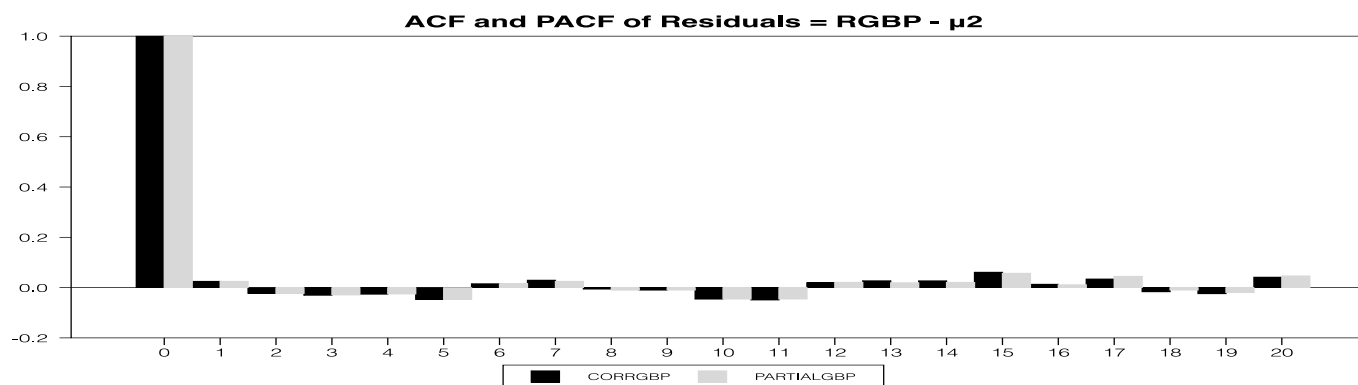
*Ljung-Box* στατιστική & ARCH-LM Test στα τετράγωνα των καταλοίπων ( $\hat{u}_{2t}^2$ )

| Lags | Ljung-Box<br>Residuals |                                 | ARCH-LM Test<br>Squared Residuals |                                 | Ljung-Box          |                                 |
|------|------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|--------------------|---------------------------------|
|      | <i>Q-Statistic</i>     | <i>Signif Lvl<br/>(p-value)</i> | <i>Statistic</i>                  | <i>Signif Lvl<br/>(p-value)</i> | <i>Q-Statistic</i> | <i>Signif Lvl<br/>(p-value)</i> |
|      |                        |                                 |                                   |                                 |                    |                                 |
| 1    | 1,257                  | 0,262307                        | 22,415                            | (0,00000)***                    | 22,231             | (0,000002)***                   |
| 2    | 2,332                  | 0,311626                        | 27,645                            | (0,00000)***                    | 59,504             | (0,00000)***                    |
| 3    | 4,207                  | 0,240008                        | 41,456                            | (0,00000)***                    | 140,899            | (0,00000)***                    |
| 4    | 5,612                  | 0,230099                        | 39,266                            | (0,00000)***                    | 195,641            | (0,00000)***                    |
| 5    | 10,094                 | 0,072614                        | 49,527                            | (0,00000)***                    | 322,661            | (0,00000)***                    |
| 6    | 10,584                 | 0,102121                        | 51,410                            | (0,00000)***                    | 426,389            | (0,00000)***                    |
| 7    | 12,348                 | 0,089669                        | 43,948                            | (0,00000)***                    | 443,927            | (0,00000)***                    |
| 8    | 12,427                 | 0,133140                        | 40,119                            | (0,00000)***                    | 510,011            | (0,00000)***                    |
| 9    | 12,640                 | 0,179600                        | 35,220                            | (0,00000)***                    | 558,484            | (0,00000)***                    |
| 10   | 16,863                 | 0,077445                        | 41,605                            | (0,00000)***                    | 732,940            | (0,00000)***                    |

Σημείωση: \*\*\* δείχνει στατιστική σημαντικότητα σε επίπεδο 1%

#### Σχήμα 4.2

Συναρτήσεις αυτοσυσχέτισης (ACF) και μερικής αυτοσυσχέτισης (PACF) των καταλοίπων της εξίσωσης 4.2



Πίνακας 4.10

*Ljung-Box* στατιστική για τα κατάλοιπα της εξίσωσης του μέσου της χρονοσειράς JPY/USD αποδόσεων και

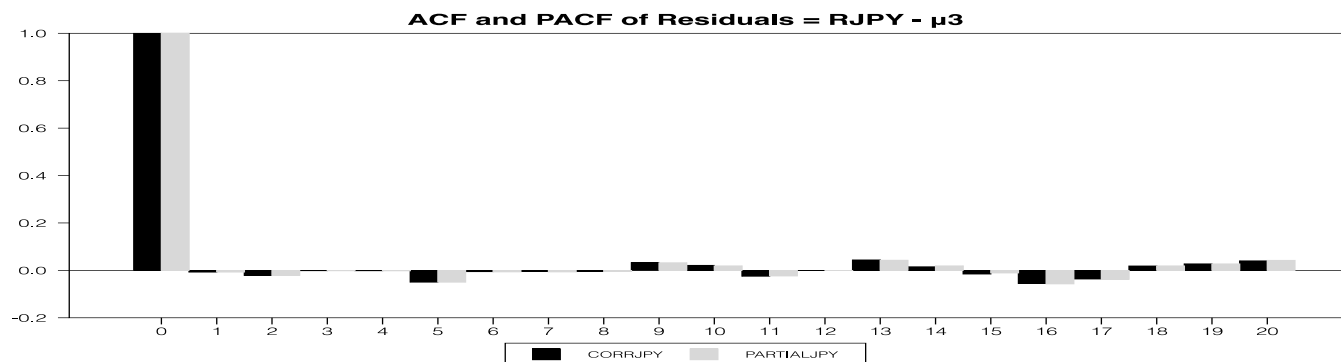
*Ljung-Box* στατιστική & ARCH-LM Test στα τετράγωνα των καταλοίπων ( $\hat{u}_{3t}^2$ )

| Lags | Ljung-Box<br>Residuals |                                 | ARCH-LM Test<br>Squared Residuals |                                 | Ljung-Box          |                                 |
|------|------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|--------------------|---------------------------------|
|      | <i>Q-Statistic</i>     | <i>Signif Lvl<br/>(p-value)</i> | <i>Statistic</i>                  | <i>Signif Lvl<br/>(p-value)</i> | <i>Q-Statistic</i> | <i>Signif Lvl<br/>(p-value)</i> |
|      |                        |                                 |                                   |                                 |                    |                                 |
| 1    | 0,117                  | 0,732051                        | 26,424                            | (0,00000)***                    | 26,154             | (0,00000)***                    |
| 2    | 1,072                  | 0,585003                        | 27,751                            | (0,00000)***                    | 60,370             | (0,00000)***                    |
| 3    | 1,077                  | 0,782533                        | 22,016                            | (0,00000)***                    | 66,079             | (0,00000)***                    |
| 4    | 1,085                  | 0,896723                        | 16,886                            | (0,00000)***                    | 68,128             | (0,00000)***                    |
| 5    | 6,067                  | 0,299767                        | 11,046                            | (0,00000)***                    | 74,297             | (0,00000)***                    |
| 6    | 6,134                  | 0,408364                        | 12,997                            | (0,00000)***                    | 101,401            | (0,00000)***                    |
| 7    | 6,176                  | 0,519333                        | 11,308                            | (0,00000)***                    | 109,088            | (0,00000)***                    |
| 8    | 6,217                  | 0,622883                        | 11,080                            | (0,00000)***                    | 128,088            | (0,00000)***                    |
| 9    | 8,382                  | 0,496161                        | 8,411                             | (0,00000)***                    | 130,829            | (0,00000)***                    |
| 10   | 9,290                  | 0,504779                        | 8,125                             | (0,00000)***                    | 139,797            | (0,00000)***                    |

Σημείωση: \*\*\* δείχνει στατιστική σημαντικότητα σε επίπεδο 1%

Σχήμα 4.3

Συναρτήσεις αυτοσυσχέτισης και μερικής αυτοσυσχέτισης των καταλοίπων της εξίσωσης 4.3



Ως αυτό το σημείο οι πληροφορίες που είναι διαθέσιμες από τους μονομεταβλητούς διαγνωστικούς ελέγχους συμβάλλουν στο να εξετάσουμε αν τα κατάλοιπα αποτελούν σειρές λευκού θορύβου και παράλληλα αν τα τετράγωνα τους παρουσιάζουν υπό συνθήκη ετεροσκεδαστικότητα (ARCH effects). Με δεδομένο, όμως, ότι η παρούσα εργασία έχει τον προσανατολισμό να μελετήσει τη μεταβλητότητα των αποδόσεων των EUR/USD, GBP/USD και JPY/USD συναλλαγμάτων σ' ένα πολυμεταβλητό πλαίσιο και ότι οι χρηματοοικονομικές χρονοσειρές παρουσιάζουν μεταξύ τους συσχέτιση (Gregoriou, 2009), η εξέταση της ύπαρξης χρονικής εξάρτησης στη μήτρα των συνδιακυμάνσεων είναι αναγκαία.

Ακολουθώντας τους Hacker & Hatemi-J (2005), σ' αυτό το τμήμα της ανάλυσής μας πραγματοποιούμε τον Multivariate ARCH έλεγχο, τα αποτελέσματα του οποίου παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.11. Το τεστ είναι στατιστικά σημαντικό σε επίπεδο 1% κι επομένως δεν μπορούμε να αποδεχθούμε τη μηδενική υπόθεση ( $H_0$ ) ότι οι σειρές των  $\hat{u}_t^2$  έχουν μηδενικούς μέσους, δεν παρουσιάζουν αυτοσυσχέτιση και ότι έχουν σταθερή (fixed) μήτρα συνδιακυμάνσεων.

Πίνακας 4.11

Πολυμεταβλητός Έλεγχος ARCH (Hacker & Hatemi-J, 2005)

| <b>Multivariate ARCH Test</b> |             |               |
|-------------------------------|-------------|---------------|
| <i>Statistic</i>              | <i>d.f.</i> | <i>Signif</i> |
| 308,68                        | 36          | (0,00000)***  |

Σημείωση: \*\*\* δείχνει στατιστική σημαντικότητα σε επίπεδο 1%

Οποιαδήποτε απόπειρα 1) μελέτης της διακύμανσης-συνδιακύμανσης των συναλλαγματικών αποδόσεων κατά της περιόδου εφαρμογής προγραμμάτων Ποσοτικής Χαλάρωσης από τη Fed, 2) αναφοράς σε δυναμική αντιστάθμιση κινδύνου και 3) δημιουργίας χαρτοφυλακίων ελάχιστης διακύμανσης με χρονικά μεταβαλλόμενες σταθμίσεις, είναι ανέφικτη, αν δεν υποδειγματοποιήσουμε πρώτα καταλλήλως το φαινόμενο που παρατηρήσαμε.

### 4.3 Επιλογή πολυμεταβλητής (Multivariate) GARCH υποδειγματοποίησης και ερμηνεία συντελεστών

Τα αποτελέσματα αυτού του τμήματος της ανάλυσης παρουσιάζονται στους Πίνακες 4.12 και 4.13 αντίστοιχα. Αρχικά, θα μελετήσουμε τις τιμές των κριτηρίων, ενώ στη συνέχεια θα αναφερθούμε στους διαγνωστικούς ελέγχους στα τυποποιημένα κατάλοιπα.

Ανάμεσα στα CC-GARCH, DCC-GARCH και BEKK-GARCH (Πίνακας 4.12), προκύπτει ότι τα AIC, HQ και (log) FPE λαμβάνουν την μικρότερη τιμή τους για το BEKK-GARCH, ενώ το SBC για το DCC υπόδειγμα. Όταν συμπεριλαμβάνουμε στις υποδειγματοποιήσεις το φαινόμενο της ασυμμετρίας στις επιδράσεις (*asymmetric ή leverage effect*) των αρνητικών σοκ σε σχέση με θετικά σοκ στις υπό συνθήκη διακυμάνσεις/συνδιακυμάνσεις (*Multivariate GARCH with asymmetric effects*) εξάγουμε πανομοιότυπα συμπεράσματα. Πιο συγκεκριμένα, τα κριτήρια AIC, HQ και (log) FPE κριτήρια μας προσανατολίζουν προς την επιλογή BEKK-GARCH με asymmetric effects και το SBC υποδεικνύει ως καταλληλότερη την DCC με asymmetric effects επιλογή (Πίνακας 4.13). Αξιοσημείωτο από ερευνητική σκοπιά είναι το γεγονός ότι όλες τις κατηγορίες των υποδειγμάτων (CC, DCC, BEKK) με asymmetric effects σημειώνουν χαμηλότερες τιμές για όλα τα κριτήρια σε σχέση με τις αντίστοιχες παραμετροποιήσεις τους χωρίς asymmetric effects.

Τα κριτήρια πληροφoρίας είναι σαφές ότι πλειοψηφικά υποστηρίζουν την χρήση του Asymmetric-BEKK(1,1)-GARCH, αλλά για να θεωρηθεί επαρκής η υποδειγματοποίηση θα πρέπει μέσω των διαγνωστικών ελέγχων να **απορριφθεί** η ύπαρξη σειριακής συσχέτισης στα τυποποιημένα κατάλοιπα, στα τετράγωνα τους, καθώς και το γεγονός ότι η μήτρα των συνδιακυμάνσεων τους είναι χρονικά μεταβαλλόμενη, δηλαδή όχι σταθερή. Με αφετηρία τα τεστ σε κάθε χρονοσειρά ξεχωριστά και μελετώντας τις τιμές της Q-στατιστικής και του αντίστοιχου p-value στον Πίνακα 4.13, μπορούμε να ισχυριστούμε ότι για 10 και 20 υστερήσεις τα τυποποιημένα κατάλοιπα είναι ασυσχέτιστα. Τα ίδια συμπεράσματα προκύπτουν και για τα τετράγωνα των τυποποιημένων καταλοίπων για 10 και 20 υστερήσεις με την εξαίρεση των standardized  $\hat{u}_{2t}^2$  για 10 υστερήσεις της Ljung-Box στατιστικής. Σ' αυτήν την περίπτωση δεν μπορούμε να αποδεχθούμε τη μηδενική υπόθεση ( $p\text{-value} = 0,0347 < 0,05$ ) σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 5%. Εξετάζοντας έναν μεγαλύτερο αριθμό υστερήσεων (20) η p-value λαμβάνει τιμή μεγαλύτερη του 0,05 ( $p\text{-value} = 0,1661$ ) και δεν μπορούμε να απορρίψουμε τη μηδενική

υπόθεση. Αναφορικά με το Multivariate test για ARCH αποτελέσματα, παρατηρούμε ότι η p-value είναι μεγαλύτερη του 0,05 ( $p\text{-value} = 0,3638$ ) κι επομένως δεν μπορούμε να απορρίψουμε τη μηδενική υπόθεση. Επιπλέον, τονίζουμε ότι αντιπαραβάλλοντας τα αποτελέσματα των διαγνωστικών ελέγχων για όλα τα υποδείγματα, το asymmetric BEKK υπερτερεί.

Συνοψίζοντας, λοιπόν, η αξιοποίηση του Asymmetric-BEKK(1,1)-GARCH για την απάντηση των ερευνητικών μας ερωτημάτων μπορεί να στηριχθεί τόσο από μια «θεωρητική προσέγγιση», όπως προαναφέρθηκε, που αφορά τα πλεονεκτήματα που προσφέρουν οι ιδιότητες αυτής της παραμετροποίησης, αλλά και με γνώμονα τα κριτήρια πληροφορίας και τους διαγνωστικούς ελέγχους.

| Multivariate GARCH Models |                      |        |  |                      |              |              |              |              |              |              |              |              |         |  |
|---------------------------|----------------------|--------|--|----------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------|--|
| Model Selection Criteria  |                      |        | CCC (1,1)                              |                      |              | DCC (1,1)    |              |              | BEKK (1,1)   |              |              |              |         |  |
|                           |                      |        | AIC                                    | 4,902                |              | 4,813        |              | 4,780        |              |              |              |              |         |  |
|                           |                      |        | SBC                                    | 4,978                |              | 4,886        |              | 4,925        |              |              |              |              |         |  |
|                           |                      |        | HQ                                     | 4,930                |              | 4,840        |              | 4,833        |              |              |              |              |         |  |
|                           |                      |        | (log) FPE                              | 4,902                |              | 4,813        |              | 4,780        |              |              |              |              |         |  |
| Diagnostics               |                      |        |  |                      |              |              |              |              |              |              |              |              |         |  |
| Univariate                |                      |        |  |                      |              |              |              |              |              |              |              |              |         |  |
| Residuals                 |                      |        | EUR                                    | GBP                  | JPY          | EUR          | GBP          | JPY          | EUR          | GBP          | JPY          |              |         |  |
|                           |                      |        | returns eqn.                           | returns eqn.         | returns eqn. | returns eqn. | returns eqn. | returns eqn. | returns eqn. | returns eqn. | returns eqn. | returns eqn. |         |  |
|                           |                      |        | Ljung-Box Q(10)                        | Q-stat               | 4,4214       | 5,4703       | 4,0810       | 4,3458       | 5,0341       | 3,9962       | 4,4841       | 5,6281       | 4,2679  |  |
|                           |                      |        |  | Signif Lvl (p-value) | 0,9263       | 0,8576       | 0,9436       | 0,9304       | 0,8888       | 0,9475       | 0,9228       | 0,8454       | 0,9344  |  |
| Squared Residuals         |                      |        | Ljung-Box Q(20)                        | Q-stat               | 10,3010      | 12,2041      | 22,6928      | 10,2091      | 11,6552      | 22,9827      | 10,3927      | 13,2128      | 21,2019 |  |
|                           |                      |        |  | Signif Lvl (p-value) | 0,9623       | 0,9088       | 0,3041       | 0,9642       | 0,9274       | 0,2896       | 0,9604       | 0,8680       | 0,3853  |  |
|                           |                      |        | Ljung-Box Q(10)                        | Q-stat               | 8,8207       | 30,4477      | 5,3977       | 9,0919       | 24,7052      | 6,1804       | 8,6331       | 25,4726      | 8,2511  |  |
|                           |                      |        |  | Signif Lvl (p-value) | 0,5492       | 7,23435e-04  | 0,8630       | 0,5234       | 0,0059       | 0,7998       | 0,5672       | 0,0045       | 0,6043  |  |
|                           |                      |        | Ljung-Box Q(20)                        | Q-stat               | 17,93718     | 47,2222      | 9,0915       | 18,0387      | 37,8932      | 9,9261       | 19,9044      | 36,4447      | 13,4576 |  |
|                           |                      |        |  | Signif Lvl (p-value) | 0,5915       | 5,46325e-04  | 0,9818       | 0,5848       | 0,0091       | 0,9694       | 0,4639       | 0,0136       | 0,8569  |  |
|                           |                      |        | Multivariate                           |                      |              |              |              |              |              |              |              |              |         |  |
|                           |                      |        | ARCH-Test<br>(Hacker & Hatemi-J, 2005) | Statistic            | 514,65       |              |              | 371,14       |              |              | 309,25       |              |         |  |
|                           | Signif Lvl (p-value) | 0,0000 |  |                      | 0,3315       |              |              | 0,9751       |              |              |              |              |         |  |



| Multivariate GARCH Models              |         |  |  |                         |              |                                      |              |              |                                       |              |              |              |         |  |
|--|---------|--|--|-------------------------|--------------|--------------------------------------|--------------|--------------|---------------------------------------|--------------|--------------|--------------|---------|--|
| Model Selection<br>Criteria            |         |  | CCC (1,1)<br>with asymmetric effects   |                         |              | DCC (1,1)<br>with asymmetric effects |              |              | BEKK (1,1)<br>with asymmetric effects |              |              |              |         |  |
|  |         |  | 4,887                                  |                         |              | 4,798                                |              |              | 4,751                                 |              |              |              |         |  |
|  |         |  | 4,971                                  |                         |              | 4,880                                |              |              | 4,920                                 |              |              |              |         |  |
|  |         |  | 4,918                                  |                         |              | 4,828                                |              |              | 4,813                                 |              |              |              |         |  |
|  |         |  | 4,887                                  |                         |              | 4,798                                |              |              | 4,751                                 |              |              |              |         |  |
| Diagnostics                            |         |  |  |                         |              |                                      |              |              |                                       |              |              |              |         |  |
| Univariate                             |         |  |  |                         |              |                                      |              |              |                                       |              |              |              |         |  |
| Residuals<br>(standardized)            |         |  | EUR                                    | GBP                     | JPY          | EUR                                  | GBP          | JPY          | EUR                                   | GBP          | JPY          |              |         |  |
|  |         |  | returns eqn.                           | returns eqn.            | returns eqn. | returns eqn.                         | returns eqn. | returns eqn. | returns eqn.                          | returns eqn. | returns eqn. | returns eqn. |         |  |
|  |         |  | Ljung-Box                              | Q-stat                  | 4,6837       | 5,2134                               | 3,41849      | 4,54827      | 4,7764                                | 3,4493       | 4,6565       | 5,8762       | 4,3967  |  |
|  |         |  | Q(10)                                  | Signif Lvl<br>(p-value) | 0,9112       | 0,8764                               | 0,96979      | 0,91924      | 0,9056                                | 0,9687       | 0,9129       | 0,82555      | 0,9276  |  |
|  |         |  | Ljung-Box                              | Q-stat                  | 10,1480      | 12,5880                              | 22,3166      | 10,0669      | 11,9514                               | 22,5991      | 9,7413       | 12,5986      | 20,8845 |  |
|  |         |  | Q(20)                                  | Signif Lvl<br>(p-value) | 0,9654       | 0,8943                               | 0,3235       | 0,9669       | 0,9177                                | 0,3089       | 0,9726       | 0,8939       | 0,4039  |  |
| Squared<br>Residuals<br>(standardized) |         |  | Ljung-Box                              | Q-stat                  | 9,1301       | 29,7420                              | 4,2813       | 9,5175       | 24,0634                               | 4,8178       | 10,9544      | 19,4670      | 9,7771  |  |
|  |         |  | Q(10)                                  | Signif Lvl<br>(p-value) | 0,5198       | 9,43940e-04                          | 0,9337       | 0,4837       | 0,0074                                | 0,9030       | 0,36108      | 0,0347       | 0,4602  |  |
|  |         |  | Ljung-Box                              | Q-stat                  | 19,1484      | 48,6463                              | 7,91612      | 19,2112      | 38,3921                               | 8,5220       | 19,9981      | 25,9902      | 14,0558 |  |
|  |         |  | Q(20)                                  | Signif Lvl<br>(p-value) | 0,5122       | 3,44995e-04                          | 0,9924       | 0,5081       | 0,0079                                | 0,98781      | 0,45804      | 0,1661       | 0,8276  |  |
|  |         |  | Multivariate                           |                         |              |                                      |              |              |                                       |              |              |              |         |  |
|  |         |  | ARCH-Test<br>(Hacker & Hatemi-J, 2005) |                         | Statistic    | 503,40                               |              |              | 377,08                                |              |              | 368,75       |         |  |
| Signif Lvl<br>(p-value)                | 0,00000 |  |  |                         | 0,25734      |                                      |              | 0,3638       |                                       |              |              |              |         |  |

Έχοντας εξασφαλίσει την επάρκεια της χρησιμοποιούμενης εξειδίκευσης, θα μελετήσουμε τους εκτιμημένους συντελεστές του υποδείγματος, ενώ ιδιαίτερη σημασία αποκτούν εκείνοι που αναφέρονται στις ψευδομεταβλητές για τα διαστήματα που η Fed εφάρμοσε κάποιο πρόγραμμα Ποσοτικής Χαλάρωσης (QE).

Αρχικά, υπενθυμίζουμε ότι στην BEKK-GARCH υποδειματοποίηση οι υπό συνθήκη διακυμάνσεις και συνδιακυμάνσεις εξαρτώνται από σταθερούς όρους (intercept matrix  $C[3 \times 3]$ ), τετράγωνα καταλοίπων με υστέρηση, γινόμενα (μεταξύ) καταλοίπων (*cross-products*) με υστέρηση (*cross residual*), υπό συνθήκη διακυμάνσεις με υστέρηση και υπό συνθήκη συνδιακυμάνσεις με υστέρηση. Όπως γίνεται ορατό, αυτή η παραμετροποίηση του BEKK-GARCH μας επιτρέπει να διερευνήσουμε την ύπαρξη μετάδοσης διαταραχών/σοκ (shock transmission) και μεταβλητότητας (volatility transmission) μεταξύ των αποδόσεων των συναλλαγμάτων. Στηριζόμενοι στους Malik & Hammoudeh (2007), Li & Giles (2014) και Kumar (2013) για τις ερμηνείες των παραμέτρων ενός BEKK-GARCH υποδείγματος και με βάση τα αποτελέσματα του Πίνακα 4.14 ακολουθούν τα συμπεράσματά μας.

Τα στοιχεία του πίνακα  $A_{[3 \times 3]}$  «αντιπροσωπεύουν» τα ARCH αποτελέσματα-επιδράσεις ARCH (*ARCH effects*). Πρακτικά είναι οι συντελεστές των  $\hat{u}_{it-1}^2$  για  $i = 1, 2, 3$  και των  $\hat{u}_{it-1}\hat{u}_{jt-1}$  για  $i = 1, 2, 3$  και  $j = 1, 2, 3$  (cross residual) που εισέρχονται στις εξισώσεις των υπό συνθήκη διακυμάνσεων και συνδιακυμάνσεων. Η μελέτη αυτών των συντελεστών και η εξέταση της στατιστικής τους σημαντικότητας είναι ικανή να μας παρέχει πληροφορίες όσον αφορά:

- 1) την επίδραση, ενός σοκ στις αποδόσεις ενός συναλλάγματος, στην υπό συνθήκη διακύμανση τους στην επόμενη περίοδο (συντελεστές  $a_{ij}$ , για  $i=j$ ,  $i = 1, 2, 3$  και  $j = 1, 2, 3$ )
- 2) *Shock Transmission*: την επίδραση (μετάδοση), ενός σοκ στις αποδόσεις ενός συναλλάγματος (η «πηγή»), στην υπό συνθήκη διακύμανση της επόμενης περιόδου των αποδόσεων ενός διαφορετικού συναλλάγματος (συντελεστές  $a_{ij}$ , για  $i \neq j$ ,  $i = 1, 2, 3$  και  $j = 1, 2, 3$ )

Επιπρόσθετα, ο Doan (2018) σημειώνει ότι το αρνητικό πρόσημο σ' ένα συντελεστή  $a_{ij}$ , για  $i \neq j$  (εκτός της κυρίας διαγωνίου του πίνακα  $A$ ) υποδηλώνει ότι η (υπό συνθήκη) διακύμανση επηρεάζεται περισσότερο όταν τα σοκ (της προηγούμενης περιόδου, π.χ. μέρας) έχουν αντίθετες «κατευθύνσεις» (πρόσημο) συγκριτικά με το να είχαν ίδιες. Πίνακας 4.14: Οι εκτιμημένοι συντελεστές  $a_{1,1}$  και  $a_{3,3}$  είναι στατιστικά σημαντικοί σε επίπεδο 1% ( $a_{2,2}$  p-value = 0,1069) κι επομένως μια διαταραχή/σοκ σε χρόνο  $t-1$  στις αποδόσεις των EUR/USD και JPY/USD θα

επηρεάζει την υπό συνθήκη διακύμανσή τους στο χρόνο  $t$ . Επίσης, οι παράμετροι  $\alpha_{2,3}$ ,  $\alpha_{3,1}$  και  $\alpha_{3,2}$  είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο 1% κι έχουν αρνητικό πρόσημο. Αυτό το εύρημα υποδεικνύει την ύπαρξη του φαινομένου «shock transmission» και πιο συγκεκριμένα αναφέρουμε ότι:

- Ένα σοκ στις αποδόσεις GBP/USD σε χρόνο  $t-1$  επηρεάζει την υπό συνθήκη διακύμανση των αποδόσεων JPY/USD σε χρόνο  $t$
- Ένα σοκ στις αποδόσεις JPY/USD σε χρόνο  $t-1$  επηρεάζει την υπό συνθήκη διακύμανση των αποδόσεων EUR/USD σε χρόνο  $t$
- Ένα σοκ στις αποδόσεις JPY/USD σε χρόνο  $t-1$  επηρεάζει την μεταβλητότητα των αποδόσεων GBP/USD σε χρόνο  $t$

Ο Zakoian (1994) αναφέρει ότι τα αποτελέσματα της έρευνας του, η οποία εισήγαγε στην βιβλιογραφία την TGARCH υποδειματοποίηση, επιβεβαιώνουν τη διαπίστωση ότι η μεταβλητότητα των αποδόσεων των μετοχών «αντιδρά» με διαφορετικό τρόπο στις μειώσεις και στις αυξήσεις τους. Οι Engle & Ng (1993) στην έρευνα τους στις αποδόσεις ιαπωνικών μετοχών καταλήγουν ότι οι αρνητικές διαταραχές/σοκ προκαλούν μεγαλύτερες αυξήσεις στην μεταβλητότητα σε σχέση με τις θετικές. Οι Rodriguez & Ruiz (2012) σημειώνουν ότι έχει αποδειχθεί εμπειρικά (εκτενώς) η ασύμμετρη επίδραση στην μεταβλητότητα των θετικών και αρνητικών (χρηματοοικονομικών) αποδόσεων και προσθέτουν ότι αυξήσεις στην μεταβλητότητα είναι μεγαλύτερες, όταν οι αποδόσεις της προηγούμενης περιόδου είναι αρνητικές συγκριτικά με το να είχαν το ίδιο μέγεθος, αλλά να ήταν θετικές. Στις κατευθύνσεις των παραπάνω αναφορών και συνεπώς με την βιβλιογραφία, η έρευνά μας αποδεικνύει την ύπαρξη του αποτελέσματος μόχλευσης (asymmetric/leverage effect) για τις συναλλαγματικές αποδόσεις, το οποίο γίνεται ορατό από τους στατιστικά σημαντικούς συντελεστές του πίνακα D και πιο συγκεκριμένα τους  $\delta_{1,1}$ ,  $\delta_{2,2}$  και  $\delta_{3,3}$  (Πίνακας 4.14). Μπορεί να τεκμηριωθεί για τις αποδόσεις των EUR/USD, GBP/USD και JPY/USD ότι μια αρνητική διαταραχή στις αποδόσεις τους θα αυξήσει περισσότερο την υπό συνθήκη διακύμανση τους στην επόμενη περίοδο. Επίσης, στατιστικά σημαντικός είναι ο συντελεστής  $\delta_{3,1}$ .

Τα στοιχεία του πίνακα  $B_{[3 \times 3]}$  «αντιπροσωπεύουν» τα λεγόμενα αποτελέσματα-επιδράσεις GARCH (*GARCH effects*). Ομοίως, τα στοιχεία σ' αυτόν τον πίνακα είναι οι συντελεστές των υπό συνθήκη διακυμάνσεων ( $h_{ii,t-1}$ , για  $i = 1,2,3$ ) και συνδιακυμάνσεων με υστέρηση ( $h_{ij,t-1}$ , για  $i \neq j$ ,  $i = 1,2,3$  και  $j = 1,2,3$ ) που εισέρχονται στις εξισώσεις των υπό συνθήκη διακυμάνσεων και συνδιακυμάνσεων. Οι πληροφορίες που μπορούμε να αντλήσουμε απ' αυτές τις παραμέτρους είναι:

- 1) Την επίδραση, της υπό συνθήκη διακύμανσης των αποδόσεων ενός συναλλάγματος, στην υπό συνθήκη διακύμανσή τους στην επόμενη περίοδο (συντελεστές  $\beta_{ij}$ , για  $i=j$ ,  $i = 1,2,3$  και  $j = 1,2,3$ )
- 2) *Volatility Spillover/Transmission*: την επίδραση (μετάδοση), της υπό συνθήκη διακύμανσης των αποδόσεων ενός συναλλάγματος (η «πηγή»), στην υπό συνθήκη διακύμανση της επόμενης περιόδου των αποδόσεων ενός διαφορετικού συναλλάγματος ( $\beta_{ij}$ , για  $i \neq j$ ,  $i = 1,2,3$  και  $j = 1,2,3$ )

Η απόδειξη της ύπαρξης του φαινομένου της «εμμονής της μεταβλητότητας» (*volatility persistence*) αντλείται από το γεγονός ότι όλα τα στοιχεία της κύριας διαγωνίου του πίνακα  $B$  είναι στατιστικά σημαντικά σε επίπεδο 1% και κοντά στη μονάδα. Αυτό το χαρακτηριστικό είναι σύνηθες για τα χρηματοοικονομικά δεδομένα (Li & Giles, 2014). Για την διερεύνηση της υπόθεσης για μετάδοση μεταβλητότητας ανάμεσα στις συναλλαγματικές αποδόσεις, θα εξετάσουμε τα στοιχεία που βρίσκονται εκτός της κύριας διαγωνίου του  $B$ . Πίνακας 4.14: Η στατιστική σημαντικότητα των  $\beta_{1,2}$ ,  $\beta_{1,3}$ ,  $\beta_{2,1}$ ,  $\beta_{2,3}$  και  $\beta_{3,2}$  σε επίπεδο (τουλάχιστον) 5% υποστηρίζουν αυτήν την υπόθεση. Σ' αυτό το σημείο αξιοσημείωτο είναι το πόρισμα της έρευνας των Búbak *et al.*(2011) που αναφέρει ότι η ένταση της μετάδοσης μεταβλητότητας αυξάνεται σημαντικά σε περιόδους επικράτησης αβεβαιότητας στις αγορές.

Οι Engle, Ito και Lin (1990) στην έρευνα τους ορίζουν τους όρους «κύματα καύσωνα» (*heat wave*) και «βροχή μετεωριτών» (*meteor shower*). Σύμφωνα με τους Soriano & Climent (2005) η υπόθεση του «κύματος καύσωνα» είναι συνεπής ως προς την θεωρία ότι οι πηγές μεταβλητότητας συνδέονται με μια συγκεκριμένη χώρα, ενώ αντίθετα, η υπόθεση της «βροχής μετεωριτών» συμβαδίζει με την θεωρία της μετάδοσης διαταραχών μεταξύ διαφορετικών αγορών, χωρών ή περιοχών. Επομένως, στα δεδομένα μας και με βάση τις ερμηνείες που προηγήθηκαν, επιβεβαιώνεται η ύπαρξη των φαινομένων αυτών.

#### 4.4 Ποσοτική Χαλάρωση της Fed και μεταβλητότητα των συναλλαγματικών αποδόσεων

Όπως έχει προαναφερθεί, ένας από τους πρωταρχικούς στόχους της ανάλυσης μας είναι να μελετήσουμε αν η εφαρμογή QE από την Fed επηρεάζει τη δεσμευμένη διακύμανση και συνδιακύμανση των συναλλαγματικών αποδόσεων. Ο όρος «επηρεάζει» μπορεί να διασπαστεί σε δύο συνιστώσες με οικονομετρική σημασία. Πιο συγκεκριμένα, αφού εκτιμήσουμε το υπόδειγμα που επιλέξαμε, θα εξετάσουμε τη στατιστική σημαντικότητα των συντελεστών των ψευδομεταβλητών και το πρόσημό τους (1<sup>η</sup> συνιστώσα). Εν συνεχεία, θα αναφερθούμε στην ερμηνεία αυτών των αποτελεσμάτων (2<sup>η</sup> συνιστώσα).

Η εκτίμηση του πολυμεταβλητού GARCH υποδείγματος μας δίνει τη δυνατότητα υπολογίσουμε τις χρονοσειρές για τις υπό συνθήκη συσχετίσεις μεταξύ των αποδόσεων, εκτός των χρονοσειρών της υπό συνθήκη διακύμανσης και μέσα από μια διαγραμματική απεικόνιση μπορούμε να παρατηρήσουμε πως εξελίσσονται/μεταβάλλονται μέσα στο χρονικό διάστημα μελέτης. Για την περίπτωση ενός CCC-GARCH αυτές οι συσχετίσεις θα είναι σταθερές στο χρόνο, όπως περιγράφει και το όνομα αυτής της υποδειματοποίησης.

Επαναλαμβάνουμε ότι η ανάλυση των συντελεστών των ψευδομεταβλητών που αναφέρονται στα διαστήματα εφαρμογής των προγραμμάτων Ποσοτικής Χαλάρωση της Fed (QE1, QE2, Operation Twist και QE3) σε συνδυασμό με τις παρατηρήσεις μας για τις χρονικά μεταβαλλόμενες συσχετίσεις θα αποτελέσουν τη μεθοδολογία για να απαντήσουμε στο πρώτο ερευνητικό μας ερώτημα. Για την απάντηση του δεύτερου και τρίτου ερευνητικού μας ερωτήματος θα βασιστούμε στις έρευνες των Kroner & Ng (1998) και Sadorsky (2012), όπως έχει αναφερθεί και στην ενότητα της «Μεθοδολογίας».

Η εκτίμηση του Asymmetric-BEKK(1,1)-GARCH υποδείγματος περιλαμβάνει την εκτίμηση των συντελεστών για τις ψευδομεταβλητές μας. Τα σχετικά αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.14.

# Πίνακας 4.14

Αποτελέσματα της εκτίμησης του Asymmetric-BEKK-GARCH (1,1) υποδείγματος

| Asymmetric-BEKK-GARCH (1,1)  |             |          |                     |
|------------------------------|-------------|----------|---------------------|
|                              | Coefficient | T-stat   | Signif<br>(p-value) |
| <b>Mean</b>                  |             |          |                     |
| $\mu_1$                      | -0,0175**   | -1,8157  | 0,0694              |
| $\mu_2$                      | -0,0069     | -0,8382  | 0,4018              |
| $\mu_3$                      | -0,0078     | -0,6926  | 0,4885              |
| <b>Variance - Covariance</b> |             |          |                     |
| $c_{1,1}$                    | 0,1207***   | 10,8710  | <b>0,0000</b>       |
| $c_{2,1}$                    | 0,0823***   | 6,4204   | <b>0,0000</b>       |
| $c_{2,2}$                    | 0,0483***   | 3,4954   | <b>0,0004</b>       |
| $c_{3,1}$                    | 0,0426***   | 2,6195   | <b>0,0088</b>       |
| $c_{3,2}$                    | -0,020      | -1,1521  | 0,2492              |
| $c_{3,3}$                    | 0,0008      | 0,0483   | 0,9614              |
| $\alpha_{1,1}$               | 0,0870***   | 3,7980   | <b>0,0001</b>       |
| $\alpha_{1,2}$               | 0,0358      | 0,9894   | 0,3224              |
| $\alpha_{1,3}$               | 0,0226      | 0,8978   | 0,3692              |
| $\alpha_{2,1}$               | -0,0206     | -0,7896  | 0,4297              |
| $\alpha_{2,2}$               | 0,0685      | 1,6122   | 0,1069              |
| $\alpha_{2,3}$               | -0,1070***  | -3,3324  | <b>0,0008</b>       |
| $\alpha_{3,1}$               | -0,0396***  | -2,9352  | <b>0,0033</b>       |
| $\alpha_{3,2}$               | -0,0640***  | -4,6948  | <b>0,0000</b>       |
| $\alpha_{3,3}$               | 0,1287***   | 5,3918   | <b>0,0000</b>       |
| $\beta_{1,1}$                | 0,9585***   | 137,1767 | <b>0,0000</b>       |
| $\beta_{1,2}$                | -0,0277***  | -2,5705  | <b>0,0101</b>       |
| $\beta_{1,3}$                | -0,0217***  | -3,4980  | <b>0,0004</b>       |
| $\beta_{2,1}$                | 0,0434***   | 4,4577   | <b>0,0000</b>       |
| $\beta_{2,2}$                | 0,9962***   | 84,8717  | <b>0,0000</b>       |
| $\beta_{2,3}$                | 0,0597***   | 8,6166   | <b>0,0000</b>       |
| $\beta_{3,1}$                | 0,0015      | 0,4582   | 0,6467              |
| $\beta_{3,2}$                | -0,0108**   | -1,9940  | <b>0,0461</b>       |
| $\beta_{3,3}$                | 0,9816***   | 258,1831 | <b>0,0000</b>       |
| <b>(Asymmetric effects)</b>  |             |          |                     |
| $\delta_{1,1}$               | 0,1457***   | 4,9520   | <b>0,0000</b>       |
| $\delta_{1,2}$               | 0,0262      | 0,7499   | 0,4533              |
| $\delta_{1,3}$               | -0,0415     | -1,9028  | 0,0570              |
| $\delta_{2,1}$               | -0,0574     | -1,4323  | 0,1520              |
| $\delta_{2,2}$               | 0,1475***   | 4,1078   | <b>0,0000</b>       |
| $\delta_{2,3}$               | -0,0580     | -1,3177  | 0,1875              |
| $\delta_{3,1}$               | -0,0686**   | -2,2317  | <b>0,0256</b>       |
| $\delta_{3,2}$               | 0,0374      | 1,3424   | 0,1794              |
| $\delta_{3,3}$               | 0,0717***   | 2,9980   | <b>0,0027</b>       |

*(QE Dummy Coefficients)*

---

**Quantitative Easing 1**

---

|                     |            |         |               |
|---------------------|------------|---------|---------------|
| $dummy^{QE1}_{1,1}$ | -0,0560*** | -4,1842 | <b>0,0000</b> |
| $dummy^{QE1}_{2,1}$ | -0,0571*** | -3,4799 | <b>0,0005</b> |
| $dummy^{QE1}_{2,2}$ | 0,0292**   | 2,2026  | <b>0,0276</b> |
| $dummy^{QE1}_{3,1}$ | -0,0771*** | -3,9127 | <b>0,0000</b> |
| $dummy^{QE1}_{3,2}$ | -0,0474**  | -2,3938 | <b>0,0166</b> |
| $dummy^{QE1}_{3,3}$ | -0,0008    | -0,0364 | 0,9709        |

---

**Quantitative Easing 2**

---

|                     |           |         |               |
|---------------------|-----------|---------|---------------|
| $dummy^{QE2}_{1,1}$ | -0,0158   | -0,8706 | 0,3839        |
| $dummy^{QE2}_{2,1}$ | -0,0312*  | -1,8584 | <b>0,0631</b> |
| $dummy^{QE2}_{2,2}$ | -0,0023   | -0,1712 | 0,8640        |
| $dummy^{QE2}_{3,1}$ | -0,0407** | -2,1798 | <b>0,0292</b> |
| $dummy^{QE2}_{3,2}$ | 0,0004    | 0,0147  | 0,9882        |
| $dummy^{QE2}_{3,3}$ | 0,0263    | 0,6451  | 0,5188        |

---

**Operation Twist**

---

|                       |            |          |               |
|-----------------------|------------|----------|---------------|
| $dummy^{TWIST}_{1,1}$ | -0,0306*** | -2,71863 | <b>0,0065</b> |
| $dummy^{TWIST}_{2,1}$ | -0,0080    | -0,55712 | 0,5774        |
| $dummy^{TWIST}_{2,2}$ | -0,0543*   | -1,79787 | <b>0,0721</b> |
| $dummy^{TWIST}_{3,1}$ | -0,0691*** | -4,28027 | <b>0,0000</b> |
| $dummy^{TWIST}_{3,2}$ | -0,0205    | -0,87717 | 0,3803        |
| $dummy^{TWIST}_{3,3}$ | -0,0029    | -0,08470 | 0,9324        |

---

**Quantitative Easing 3**

---

|                     |            |         |               |
|---------------------|------------|---------|---------------|
| $dummy^{QE3}_{1,1}$ | -0,0615*** | -7,5107 | <b>0,0000</b> |
| $dummy^{QE3}_{2,1}$ | -0,0626*** | -4,6228 | <b>0,0000</b> |
| $dummy^{QE3}_{2,2}$ | -0,0189**  | -2,2437 | <b>0,0248</b> |
| $dummy^{QE3}_{3,1}$ | -0,0115    | -0,8893 | 0,3738        |
| $dummy^{QE3}_{3,2}$ | 0,0277     | 1,4422  | 0,1492        |
| $dummy^{QE3}_{3,3}$ | 0,0247     | 1,1296  | 0,2586        |

---

**Log Likelihood**

---

-4636,0414

Σημείωση: \*\*\*, \*\*, \* δείχνουν στατιστική σημαντικότητα σε επίπεδα 1%, 5% και 10% αντίστοιχα.

#### 4.4.1 Διεθνείς επιδράσεις

Αρχικά, αναφερόμενοι στο Quantitative Easing 1 πρόγραμμα σημειώνουμε ότι οι εκτιμημένες παράμετροι  $dummy^{QE1}_{1,1}$ ,  $dummy^{QE1}_{2,1}$ ,  $dummy^{QE1}_{2,2}$ ,  $dummy^{QE1}_{3,1}$  και  $dummy^{QE1}_{3,2}$  είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο σημαντικότητας τουλάχιστον 5%. Για το Quantitative Easing 2 πρόγραμμα στατιστική σημαντικότητα σε επίπεδο 5% παρατηρούμε μόνο για την  $dummy^{QE2}_{3,1}$ , ενώ για επίπεδο 10% την  $dummy^{QE2}_{2,1}$ . Οι συντελεστές των ψευδομεταβλητών που αναφέρονται στο Operation Twist κι έχουν την επιθυμούμενη στατιστική σημαντικότητα<sup>8</sup> είναι οι  $dummy^{TWIST}_{1,1}$  και  $dummy^{TWIST}_{3,1}$ . Για το ίδιο πρόγραμμα σε επίπεδο σημαντικότητας 10% είναι η  $dummy^{TWIST}_{2,2}$ . Τέλος, για το Quantitative Easing 3 παρατηρούμε ότι οι παράμετροι  $dummy^{QE3}_{1,1}$ ,  $dummy^{QE3}_{2,1}$ ,  $dummy^{QE3}_{2,2}$  είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο τουλάχιστον 5%.

Οι δείκτες « ii » και « ij (i≠j) » αυτών των παραμέτρων προσδιορίζουν την ύπαρξη επίδρασης στην υπό συνθήκη διακύμανση και συνδιακύμανση (αντίστοιχα) των αποδόσεων που μελετάμε. Ο δείκτης «1» αναφέρεται στις αποδόσεις του EUR/USD, ο δείκτης «2» στις αποδόσεις του GBP/USD και ο δείκτης «3» στις αποδόσεις του JPY/USD. Οι στατιστικά σημαντικοί συντελεστές που περιγράψαμε αποτελούν ένα αξιοσημείωτο εύρημα, καθώς υποδεικνύουν ότι η μη συμβατική νομισματική πολιτική, που ακολούθησαν οι Η.Π.Α., επηρέασε την παγκόσμια αγορά συναλλάγματος, αλλά και τις σχέσεις μεταξύ των συναλλαγμάτων υπό το πρίσμα της συνδιακύμανσης των αποδόσεών τους. Το συμπέρασμά μας γενικεύει και επιβεβαιώνει για επίπεδο χρονικών διαστημάτων εφαρμογής Ποσοτικής Χαλάρωσης την υπόθεση που γίνεται στην έρευνα των Kenourgios et al. (2015β) ότι οι ημερήσιες ανακοινώσεις QE από μια κεντρική τράπεζα μπορεί να επηρεάσουν τα συναλλάγματα άλλων χωρών.

Η διαπίστωση που κάναμε συμβαδίζει, επίσης, με το συμπέρασμα των Yang & Zhou (2016), οι οποίοι υπογραμμίζουν τον κεντρικό ρόλο της μη συμβατικής πολιτικής των Η.Π.Α. στο παγκόσμιο χρηματοοικονομικό σύστημα. Το ίδιο φαινόμενο των διεθνών επιρροών της νομισματικής πολιτικής της Fed εντοπίζεται σ' ένα μεγάλο όγκο βιβλιογραφίας και για διαφορετικές αγορές απ' αυτή που εξετάζουμε στην παρούσα εργασία, όπως έχει προαναφερθεί στη «βιβλιογραφική επισκόπηση». Ωστόσο, οφείλουμε να κάνουμε μια διάκριση μεταξύ των διαφορετικών προγραμμάτων QE. Όπως γίνεται ορατό από τον Πίνακα 4.14, μια ακόμα

---

<sup>8</sup> Δηλαδή στατιστική σημαντικότητα σε επίπεδο 5%



πληροφορία που μπορεί να αντληθεί είναι ότι ο αριθμός των συντελεστών, που είναι στατιστικά σημαντικοί, διαφέρει ανάμεσα στα διαφορετικά προγράμματα. Συνυπολογίζοντας και το επίπεδο 10%, το QE1 συγκεντρώνει τους περισσότερους στατιστικά σημαντικούς συντελεστές (5), ενώ το QE2 του λιγότερους (2). Οι αντίστοιχες παράμετροι που είναι στατιστικά σημαντικές για το Operation Twist και το QE3 είναι τρεις (3). Αυτή η παρατήρηση υποδηλώνει ότι θα ήταν λανθασμένη μια υπόθεση για ενιαίο και κοινό χαρακτήρα επίδρασης από τα διαφορετικά προγράμματα QE στις (δεσμευμένες) διακυμάνσεις και συνδιακυμάνσεις των συναλλαγματικών αποδόσεων. Επιπρόσθετα, αν και ως αυτό το σημείο έχουμε αποδείξει την ύπαρξη επίδρασης στη μεταβλητότητα, δεν έχουμε αναφερθεί στη «μορφή» αυτής της επίδρασης, η οποία διαδραματίζει καταλυτικό ρόλο στη σφαιρική κατανόηση του υπό εξέταση φαινομένου (αυτό θα αποτελέσει το αντικείμενο μελέτης της επόμενης ενότητας).

#### *4.4.2 QE1, QE2, OPERATION TWIST, QE3: Προσδιορισμός της επίδρασης στη μεταβλητότητα*

Αναμφισβήτητα, μια προσέγγιση που περιορίζεται στην αναφορά της στατιστικής σημαντικότητας των συντελεστών των ψευδομεταβλητών, που «αντιπροσωπεύουν» τα QE προγράμματα της Fed, είναι ανεπαρκής λαμβάνοντας υπόψιν τα ερευνητικά ερωτήματα που τέθηκαν γι' αυτήν την έρευνα. Σύμφωνα με τη θεωρία χαρτοφυλακίου η ροπή δεύτερης τάξης της κατανομής των αποδόσεων αποτελεί ένα σημαντικό μέτρο εκτίμησης του κινδύνου. Η αναφορά στην «ύπαρξη επίδρασης» στις υπό συνθήκη διακυμάνσεις και συνδιακυμάνσεις χωρίς τον προσδιορισμό του προσήμου της επίδρασης, είναι αρκετά περιοριστική ως προς της πληροφορίες που μας παρέχει. Έτσι, λοιπόν, όπως η έννοια της «διάδοσης μεταβλητότητας» ουσιαστικά παίρνει το περιεχόμενο της διάδοσης ρίσκου, στατιστικά σημαντική και αρνητική ως προς το πρόσημο  $\text{dummy}^{\text{QE}}_{i,j}$  του υποδείγματός μας, παίρνει το αντίθετο νόημα για ένα συνάλλαγμα<sup>9</sup> κατά την περίοδο εφαρμογής ενός QE προγράμματος από την Fed.

Επανερχόμενοι στον Πίνακα 4.14 και εξετάζοντας τα δεδομένα που έχουμε για την περίοδο εφαρμογής του QE1 προκύπτουν τα εξής<sup>10</sup>: α) Υπήρξε μείωση της υπό συνθήκη διακύμανσης για τις αποδόσεις του EUR/USD και άνοδος για τις GBP/USD β) Μείωση των

<sup>9</sup> υπό την έννοια της δεσμευμένης μεταβλητότητάς του

<sup>10</sup> Συνυπολογίζουμε και τις παραμέτρους που είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο 10%, οι οποίες, όμως, είναι η μειοψηφία ( 2 εκ των 13)

συνδιακυμάνσεων των EUR/USD – GBP/USD, EUR/USD – JPY/USD και GBP/USD – JPY/USD αποδόσεων. Για το QE2 ισχύει: α) Μείωση των συνδιακυμάνσεων EUR/USD – GBP/USD και EUR/USD – JPY/USD αποδόσεων. Αναφορικά με Operation Twist σημειώνεται: α) Μείωση της υπό συνθήκη διακύμανσης για τις αποδόσεις του EUR/USD και GBP/USD β) Μείωση της συνδιακύμανσης των EUR/USD – JPY/USD αποδόσεων. Τέλος, για το QE3 παρατηρούμε: α) Μείωση της υπό συνθήκη διακύμανσης για τις αποδόσεις του EUR/USD και GBP/USD β) Μείωση της συνδιακύμανσης των EUR/USD – GBP/USD αποδόσεων. Με την εξαίρεση της υπό συνθήκη μεταβλητότητας για τις αποδόσεις GBP/USD κατά το QE1, το πρώτο και γενικότερο συμπέρασμα που μπορούμε να καταγράψουμε είναι αυτό που περιγράφεται ως « calming down impact » στους Kenourgios *et al.* (2015β) και παραπέμπει (μεταφορικά) σε επίδραση που προκαλεί «ηρεμία» και όχι «αναταραχή» και αύξηση «κινδύνου».

Για επίδραση «αναταραχής» και μάλιστα στην πιο επικίνδυνη μορφή της, θα κάναμε λόγο, αν παρατηρούσαμε για δύο συναλλάγματα να αυξάνονται οι δεσμευμένες διακυμάνσεις, αλλά και η συνδιακύμανσή τους κατά τη διάρκεια κάποιου QE. Στις εκτιμήσεις του υποδείγματος, όμως, δεν αποτυπώνεται τέτοιο μοτίβο για το QE1, QE2 και το Operation Twist, ενώ για το QE3 σημειώνεται το ακριβώς αντίθετο μεταξύ του ευρώ και της στερλίνας. Επιπρόσθετα, αν παρατηρούσαμε «εναλλασσόμενα-μικτά» πρόσημα στις παραμέτρους των ψευδομεταβλητών, δεν θα μπορούσαμε να αποφανθούμε για το είδος τελικά της επίδρασης σε γενικότερους όρους. Στην περίπτωση μας, 12 εκ των 13 σχετικών παραμέτρων δείχνουν μείωση στις δεσμευμένες διακυμάνσεις και συνδιακυμάνσεις. Αυτή η «συμφωνία» των προσήμων ταυτόχρονα με την στατιστική σημαντικότητα<sup>11</sup>, αναμφισβήτητα, δεν αποτελεί κάποιο «τυχαίο γεγονός», αλλά είναι σαφής ένδειξη στην κατεύθυνση « calming down impact » που περιγράψαμε. Επίσης, τα παραπάνω ενδεχομένως να αφήνουν το περιθώριο να υποθέσει κάποιος τη συνεργασία της Fed με την ECB και την BoE, με δεδομένο ότι η (υπό συνθήκη) μεταβλητότητα για τις EUR/USD αποδόσεις μειώνεται για τα διαστήματα εφαρμογής των προγραμμάτων QE1, Operation Twist και QE3<sup>12</sup> και όσον αφορά τις GBP/USD αποδόσεις, αν και για το QE1 πρόγραμμα αυξάνεται, στο Operation Twist και QE3<sup>13</sup> μειώνεται. Θα διατηρήσουμε, όμως, σοβαρές επιφυλάξεις, καθώς σύμφωνα με τους Fawley & Neely (2013) δεν υπάρχει κάποια σχετική δημόσια διαθέσιμη

---

<sup>11</sup> Των παραμέτρων

<sup>12</sup> Στο QE2 η σχετική dummy παράμετρος είναι αρνητική, αλλά όχι στατιστικά σημαντική

<sup>13</sup> Στο QE2 η σχετική dummy παράμετρος είναι αρνητική, αλλά όχι στατιστικά σημαντική

πληροφορία για συντονισμό των Κεντρικών Τραπεζών κατά την άσκηση των μη συμβατικών νομισματικών πολιτικών τους. Τονίζουμε, παράλληλα, ότι τα αποτελέσματα μας και η ερμηνεία που δίνουμε συμβαδίζουν με την έρευνα των Liao *et al.* (2018), οι οποίοι για τα συναλλάγματα των Χονγκ Κονγκ, Νότια Κορέα, Μαλαισία, Φιλιππίνες, Σιγκαπούρη, Ταϊβάν, Ταϊλάνδη, Κίνα, Ινδία και Ινδονησία διαπιστώνουν και επισημαίνουν μείωση της μεταβλητότητας κατά την περίοδο εφαρμογής των προγραμμάτων QE από την Fed.

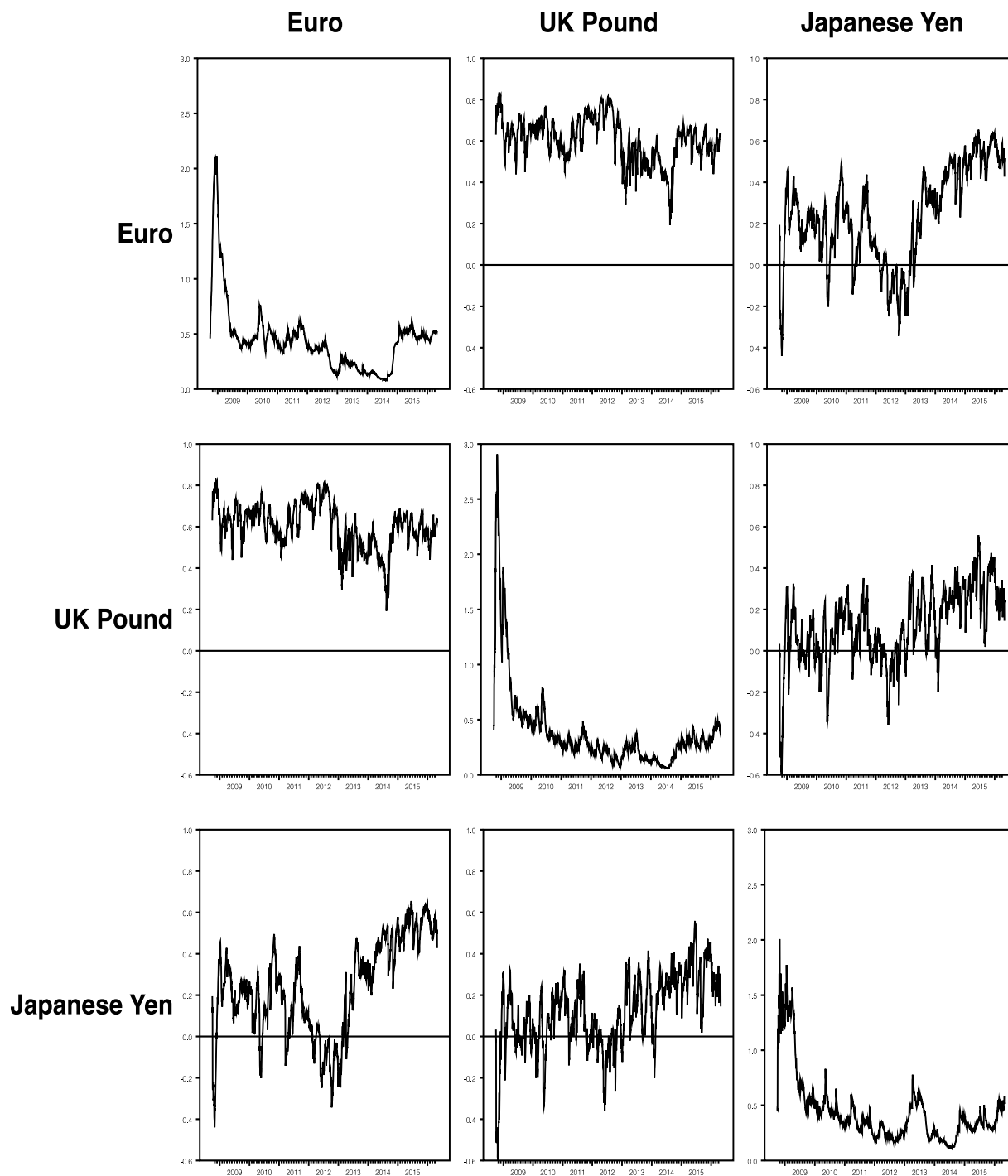
Στο Διάγραμμα 4.4 απεικονίζονται οι υπό συνθήκη συσχετίσεις που υπολογίσαμε, ενώ στη διαγώνιο<sup>14</sup> βρίσκονται οι υπό συνθήκη διακυμάνσεις για τα συναλλάγματα που εξετάζουμε στην ανάλυση μας. Για την περίπτωση του JPY/USD, ενώ δεν εντοπίσαμε μείωση στην υπό συνθήκη διακύμανση των αποδόσεων του κατά τη περίοδο εφαρμογής κάποιου QE, υπάρχει μια ξεκάθαρη μείωση της στο χρόνο. Το συμπέρασμα που προκύπτει εδώ είναι ότι αυτή η μείωση, αφενός δεν μπορεί να αποδοθεί με κάποιον τρόπο στις πολιτικές της Fed και αφετέρου μας παραπέμπει στην σύνδεση αυτής της κατάστασης με τις μη συμβατικές νομισματικές πολιτικές που εφάρμοσε η BoJ. Επιπλέον, οι Kenourgios *et al.* (2015α) στην έρευνά τους με αφορμή το εύρημά τους, ότι κατά την ανακοίνωση μιας QE πολιτικής από την BoE τα EUR/USD και GBP/USD ακολουθούν διαφορετική πορεία, αναφέρουν την ύπαρξη μιας «ανταγωνιστικής» σχέση μεταξύ των δύο νομισμάτων και των πολιτικών που ακολουθούν οι BoE και ECB. Όμοια ένδειξη, ως προς την υιοθέτηση διαφορετικών πορειών πολιτικής, μπορούμε να αναζητήσουμε στην ανάλυση μας, αν συνδυάσουμε το γεγονός ότι, ενώ σε γενικές γραμμές παρατηρείται υψηλή υπό συνθήκη συσχέτιση μεταξύ των EUR/USD και GBP/USD αποδόσεων στο δείγμα (Διάγραμμα 4.4), κατά της περιόδους εφαρμογής προγράμματος QE1, QE2 και QE3 από την Fed η συνδιακύμανση τους μειώνεται και στις τρεις περιπτώσεις (Πίνακας 4.14). Χρησιμοποιούμε τη λέξη «αναζητήσουμε» υποδεικνύοντας την ανάγκη για περαιτέρω έρευνα, καθώς υπό την παρούσα παραμετροποίηση δεν μπορούμε με βεβαιότητα να κάνουμε αυτόν τον ισχυρισμό. Τέλος, αναφέρουμε ότι οι χαμηλές και κατά διαστήματα αρνητικές υπό συνθήκη συσχετίσεις μεταξύ EUR/USD – JPY/USD αποδόσεων μέχρι το τέλος του 2013 (Διάγραμμα 4.4) σε συνδυασμό με το γεγονός ότι οι υπό συνθήκη συνδιακυμάνσεις τους μειώνονται κατά το QE1, QE2 και Operation Twist, θα μπορούσαν να «αναγνωστούν» από έναν επενδυτή ως ευκαιρίες για διαφοροποίηση χαρτοφυλακίου και αντιστάθμιση κινδύνου.

---

<sup>14</sup> του διαγράμματος

#### Διάγραμμα 4.4

Διαγράμματα δεσμευμένων συσχετίσεων εκτός της «κύριας διαγωνίου» και δεσμευμένων διακυμάνσεων εντός της για τις λογαριθμικές αποδόσεις των συναλλαγματικών ισοτιμιών



## 4.5 Αντιστάθμιση Κινδύνου και Χαρτοφυλάκια Ελάχιστης Διακύμανσης

Ο επενδυτής βρίσκεται σε μια συνεχή αναζήτηση εκείνων των αποφάσεων που θα μεγιστοποιήσουν την απόδοση του χαρτοφυλακίου του για δεδομένο επίπεδο κινδύνου. Αυτή η διαδικασία είναι περίπλοκη και στην πράξη υπερβαίνει τον απλό υπολογισμό δειγματικών μέσων, διακυμάνσεων και συνδιακυμάνσεων. Η βιβλιογραφία είναι διαφωτιστική όσον αφορά αυτό το σημείο και χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η έρευνα του Engle *et al.*, (1990) και ο προσδιορισμός των φαινομένων «κύματος καύσωνα» και «βροχή μετεωριτών». Στην ίδια κατεύθυνση και στην παρούσα έρευνα καταγράψαμε μετάδοση διαταραχών και μεταβλητότητας μεταξύ των συναλλαγματικών αποδόσεων που μελετάμε, γεγονός που ενισχύει το επιχείρημα ότι μια πληθώρα παραγόντων θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψιν, που συχνά έχουν χρονικά μεταβαλλόμενες ιδιότητες. Με το δεδομένο το διάστημα μελέτης της ανάλυσής μας, σ' αυτούς τους παράγοντες προστίθενται κι εκείνοι που αφορούν τις συνέπειες της εφαρμογής μη συμβατικής πολιτικής από μια Κεντρική Τράπεζα στις διεθνείς αγορές, τα λεγόμενα «global spillovers».

Στα πλαίσια της εργασίας μέσα από την χρησιμοποιούμενη υποδειματοποίηση αποδείξαμε τόσο ότι τα προγράμματα Ποσοτικής Χαλάρωσης από την Fed επηρεάζουν τις υπό συνθήκη διακυμάνσεις και συνδιακυμάνσεις των αποδόσεων, αλλά και τις διαφορετικότητες που υφίστανται μεταξύ τους όσον αφορά την επιρροή που ασκούν. Γίνεται αντιληπτό, λοιπόν, ότι, όπως σημειώνουν και οι Yang & Zhou (2016), μια βαθύτερη κατανόηση της Ποσοτικής Χαλάρωσης παρέχει πληροφορίες για τον επενδυτή που έρχεται αντιμέτωπος με το ζήτημα της (βέλτιστης) διαχείρισης όσων συνεπάγεται το QE γενικότερα και μια ανακοίνωση τύπου «tapering» ειδικότερα. Μια λογική «συμπύκνωση» και προέκταση των παραπάνω αποτελεί το περιεχόμενο των ερωτημάτων που τέθηκαν στην εργασία μας και τα οποία θα αποτελέσουν το αντικείμενο που θα εξετάσει αυτό το κεφάλαιο.

#### 4.5.1 Δυναμική αντιστάθμιση κινδύνου

Οι Yang & Zhou (2016) στην έρευνα τους υπογραμμίζουν δύο σημαντικά σημεία, τα οποία αποκτούν ιδιαίτερη σημασία για οποιονδήποτε αποσκοπεί σε θεωρητικό ή/και πρακτικό επίπεδο να κατανοήσει εις βάθος τα προγράμματα Ποσοτικής Χαλάρωσης και όσα συνεπάγονται:

- 1) Τα πιθανά οφέλη θα πρέπει να εξεταστούν παράλληλα με το δυνητικό κόστος
- 2) Αν και η Ποσοτική Χαλάρωση θεωρείται αποτελεσματικό μέσο για την ελάφρυνση της πίεσης στα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα και τις αγορές, μπορεί να αποτελέσει πηγή παγκόσμιου συστηματικού κινδύνου.

Παρά το γεγονός ότι στην παρούσα εργασία και υπό την οριοθέτηση της, δεν εντοπίσαμε ενδείξεις ευθυγραμμισμένες με το δεύτερο σημείο, λαμβάνοντας υπόψιν σε γενικότερο επίπεδο τις παραπάνω θέσεις, σε συνδυασμό με όσα αναφέρθηκαν στην εισαγωγή του κεφαλαίου, θα μας απασχολήσει αρχικά η δυναμική αντιστάθμιση κινδύνου (*dynamic hedging*). Το χρονικό διάστημα που εξετάζουμε στην παρούσα εργασία θα μας επιτρέψει να διαπιστώσουμε την χρονικά μεταβαλλόμενη πορεία των βέλτιστων ποσοστών/λόγων αντιστάθμισης (*risk-minimizing/optimal hedge ratios*) τόσο κατά της περιόδους εφαρμογής QE από την Fed, αλλά και για χρονική περίοδο μετά την λήξη του QE3.

Αφετηρία της ανάλυσης σ' αυτήν την ενότητα θα αποτελέσει μια πληροφορία που αναφέραμε για την ολοκλήρωση της προηγούμενης : Η χαμηλή και κατά διαστήματα αρνητική υπό συνθήκη συσχέτιση μεταξύ δύο συναλλαγμάτων (στην περίπτωση μας) μπορεί να γίνει αντιληπτή ως ευκαιρία για αντιστάθμιση κινδύνου. Η υπό συνθήκη συσχέτιση των JPY/USD αποδόσεων με τις EUR/USD και GBP/USD μέχρι και το τέλος του 2013<sup>15</sup> μας παραπέμπει σε μια τέτοια περίπτωση, σε αντίθεση με την σταθερά<sup>16</sup> θετική και γενικά υψηλή υπό συνθήκη συσχέτιση μεταξύ των αποδόσεων EUR/USD και GBP/USD (Διάγραμμα 4.4). Οι Dimitriou & Kenourgios (2013) επισημαίνουν ότι μια μείωση της συσχέτισης μεταξύ συναλλαγμάτων σε περιόδους αναταραχής φανερώνει ότι διέπονται από διαφορετικά «ευάλωτα» σημεία και αυτό συνεπάγεται

---

<sup>15</sup> από 1/10/2008 που ξεκινάει το δείγμα μας

<sup>16</sup> υπό την έννοια όλου του δείγματος

με αύξηση των ωφελειών που μπορούν να προσκομιστούν από τη διαφοροποίηση ενός τέτοιου χαρτοφυλακίου με δεδομένο ότι αυτό το χαρτοφυλάκιο θα είναι, πλέον, λιγότερο εκτεθειμένο σε συστηματικό κίνδυνο. Υιοθετώντας, λοιπόν, την ορολογία από τους Rinaldo & Söderlind (2009), που προσδιορίζει ένα περιουσιακό στοιχείο ως «safe heaven», όταν παρέχει δυνατότητες hedging κατά μέσο όρο ή σε περιόδους διαταραχών («times of stress»), μπορούμε να χαρακτηρίσουμε το JPY/USD ως «safe heaven» συνάλλαγμα για το χρονικό διάστημα που αναφέραμε.

Ακολουθώντας την μέθοδο προκαταρκτικής ανάλυσης που χρησιμοποίησε ο Sadorsky (2012) στην έρευνα του και υπολογίζοντας περιγραφικά στατιστικά για τις χρονοσειρές των υπό συνθήκη συσχετίσεων (Πίνακας 4.15) σημειώνουμε τα εξής: 1) Η μέση τιμή για JPY/USD – EUR/USD ( $RHO_{JPY-EUR} = 0,2387$ ) και JPY/USD-GBP/USD ( $RHO_{JPY-GBP} = 0.1231$ ) είναι αξιοσημείωτα μικρότερη συγκριτικά με την EUR/USD – GBP/USD ( $RHO_{GBP-EUR} = 0.6044$ ) 2) Η υψηλή υπό συνθήκη συσχέτιση μεταξύ EUR/USD – GBP/USD δεν αφήνει περιθώριο για διαφοροποίηση<sup>17</sup>.

Πίνακας 4.15

Στατιστικά περιγραφικά μέτρα για τις δεσμευμένες συσχετίσεις των λογαριθμικών αποδόσεων των συναλλαγματικών ισοτιμιών

| <i>Descriptive Statistics<br/>for<br/>Conditional Correlations</i> |        |         |         |
|--|--------|---------|---------|
|  | Mean   | Minimum | Maximum |
| <i>EUR-GBP</i>   | 0,6044 | 0,1934  | 0,8353  |
| <i>JPY-EUR</i>   | 0,2387 | -0,4397 | 0,6549  |
| <i>JPY-GBP</i>   | 0,1231 | -0,5973 | 0,5592  |

Οι εκτιμήσεις των υπό συνθήκη διακυμάνσεων και συνδιακυμάνσεων του Asymmetric-BEKK(1,1)-GARCH υποδείγματος αξιοποιήθηκαν για τον υπολογισμό των χρονικά μεταβαλλόμενων βέλτιστων λόγων αντιστάθμισης, τους οποίους παρουσιάζουμε διαγραμματικά

<sup>17</sup> Διαφοροποίηση με τις διαστάσεις που μπορεί να πάρει υπό το πλαίσιο που έχει τεθεί στην εργασία

(Διάγραμμα 4.5<sup>18</sup>). Σύμφωνα με τους Kroner & Sultan (1993), η «συμμετοχή» της GARCH υποδειγματοποίησης καθιστά εφικτό τα hedge ratios να αλλάζουν διαρκώς κάθε φορά που μια νέα πληροφορία «εισέρχεται» στην αγορά. Εξετάζοντας τα περιγραφικά στατιστικά τους, που καταγράφουμε στον Πίνακα 4.16, παρατηρούμε ότι α) η ακριβότερη αντιστάθμιση κινδύνου είναι του EUR με το JPY και β) η φθηνότερη του GBP με το JPY, με μέσους όρους 0,25 και 0,11 αντίστοιχα<sup>19</sup>. Η ερμηνεία αυτών των τιμών έχει ως εξής: α) Η πώληση 1 δολαρίου (USD) για την αγορά ευρώ (EUR), θα πρέπει να συνοδευτεί με αγορά 0,25 δολαρίου, πουλώντας γιέν (JPY) β) Η πώληση 1 δολαρίου (USD) για την αγορά στερλίνας (GBP), θα πρέπει να συνοδευτεί με αγορά 0,11 δολαρίου πουλώντας γιεν.

Πίνακας 4.16  
Στατιστικά περιγραφικά μέτρα για τα βέλτιστα ποσοστά δυναμικής αντιστάθμισης

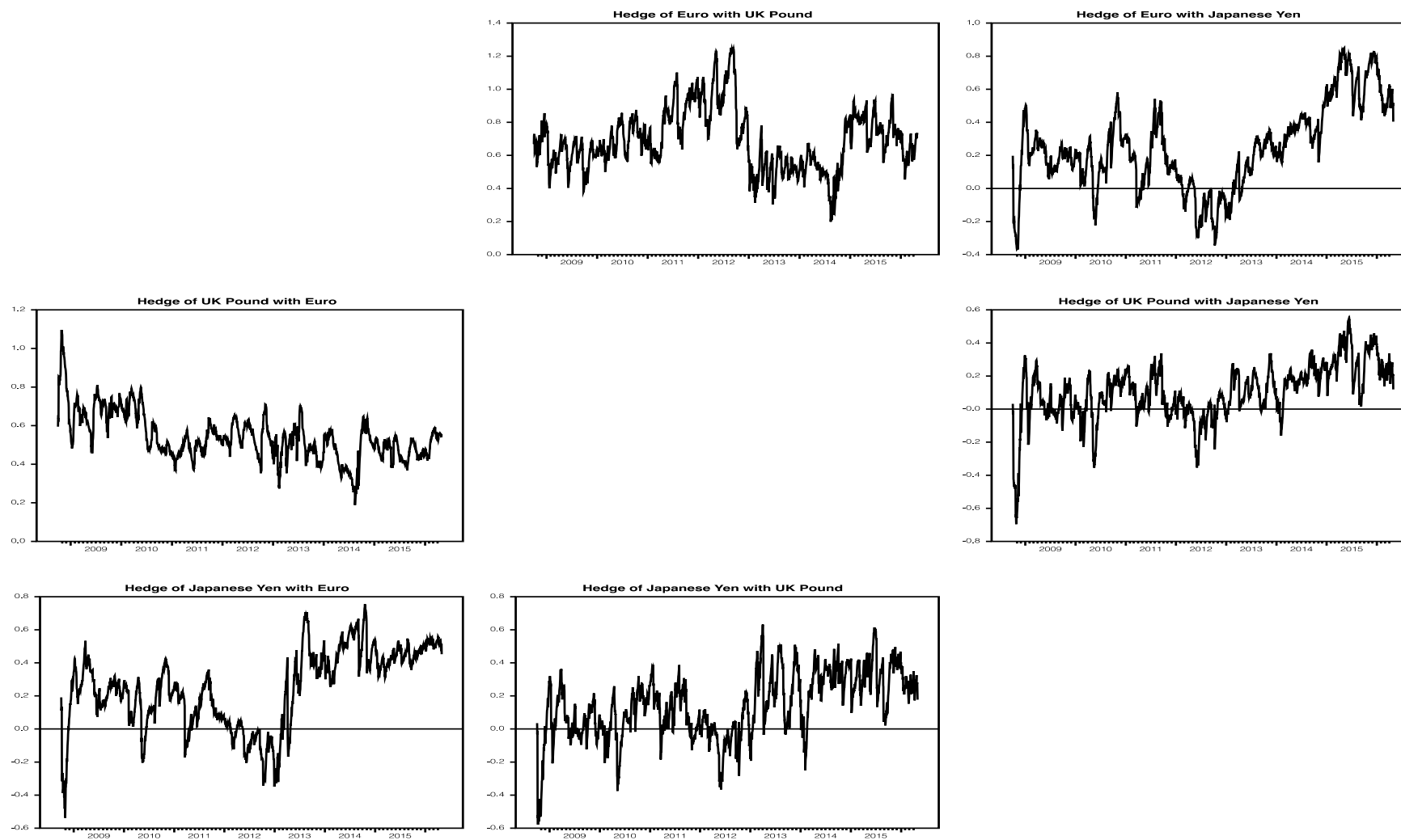
| <i>Descriptive Statistics<br/>for<br/>Dynamic Hedge Ratios</i> |      |                       |         |         |
|--|------|-----------------------|---------|---------|
| Hedge of [ ] with [ ]  | Mean | Standard<br>Deviation | Minimum | Maximum |
| <i>EUR/GBP</i>   | 0,69 | 0,18                  | 0,20    | 1,26    |
| <i>EUR/JPY</i>   | 0,25 | 0,26                  | -0,37   | 0,85    |
| <i>GBP/EUR</i>   | 0,54 | 0,12                  | 0,19    | 1,10    |
| <i>GBP/JPY</i>   | 0,11 | 0,17                  | -0,70   | 0,54    |
| <i>JPY/EUR</i>   | 0,24 | 0,23                  | -0,54   | 0,75    |
| <i>JPY/GBP</i>   | 0,15 | 0,20                  | -0,58   | 0,63    |

<sup>18</sup> η διαγώνιος είναι κενή, καθώς δεν έχει υπόσταση η αντιστάθμιση κινδύνου ενός συναλλάγματος με τον εαυτό του  
<sup>19</sup> εξαιρώντας τα hedge ratios ευρώ και στερλίνας για τα οποία θα γίνει ειδική αναφορά παρακάτω



#### Διάγραμμα 4.5

Βέλτιστα ποσοστά δυναμικής αντιστάθμισης



Dynamic/Time-varying Hedge Ratios for EUR/USD, GBP/USD, JPY/USD

Οι αναφορές στις έννοιες «ακριβότερη» και το «φθηνότερη» γίνονται περισσότερο κατανοητές υπό το πρίσμα ότι η μείωση του ποσοστού αντιστάθμισης ισοδυναμεί ότι ένα μικρότερο μέρος της θέσης αγοράς πρέπει να καλυφθεί, ενώ το αντίθετο συμβαίνει κατά την αύξησή του. Επιπλέον, η μελέτη των διαγραμμάτων αποκαλύπτει μια ανοδική τάση για τους λόγους αντιστάθμισης του ευρώ με το γιεν και του γιεν με το ευρώ από τις αρχές 2013, το οποίο δεν αποτελεί μια απρόβλεπτη εξέλιξη με δεδομένο ότι τέτοιας μορφής τάση παρατηρείται και στην υπό συνθήκη συσχέτισής τους.

Για το διάστημα που ακολουθεί της λήξης του QE3 (29/10/2014), όπως παρατηρούμε στα Διαγράμματα 4.4 και 4.5, προκύπτει το εξής πολύ σημαντικό πόρισμα: Οι υπό συνθήκη συσχετίσεις μεταξύ των αποδόσεων EUR/USD-JPY/USD και GBP/USD-JPY/USD βρίσκονται κατά μέσο όρο υψηλότερα σε σχέση μ' όλο το προηγούμενο διάστημα και παράλληλα, η ίδια «συμπεριφορά» αποτυπώνεται στα ποσοστά αντιστάθμισης του ευρώ και της στερλίνας με το γιεν, όπως επίσης και του γιεν με τα άλλα δύο συναλλάγματα. Για έναν επενδυτή, λοιπόν, αυτό θα ισοδυναμούσε πρακτικά με *αύξηση του κόστους του hedging σ' αυτήν περίοδο σε σχέση με την προηγούμενη*.

Αναφορικά με τα hedge ratios του ευρώ με τη στερλίνα και αντιστρόφως, δε θα αναζητήσουμε σ' αυτά ευκαιρίες αντιστάθμισης κινδύνου, καθώς μας αποτρέπει η υψηλή υπό συνθήκη συσχέτιση που παρουσιάζουν μεταξύ τους. Την παραπάνω θέση υποστηρίζει το γεγονός ότι οι λόγοι αντιστάθμισής τους έχουν τους υψηλότερους μέσους όρους, οι οποίοι είναι  $\text{mean.hedge}_{\text{EURwithGBP}} = 0,69$  και  $\text{mean.hedge}_{\text{GBPwithEUR}} = 0,54$  και ταυτόχρονα η διαπίστωση ότι οι υψηλότερες τιμές (*maximum value*) που σημειώνουν στο δείγμα είναι 1,26 και 1,10 αντίστοιχα.

#### 4.5.2 Χαρτοφυλάκια ελάχιστης διακύμανσης με χρονικά μεταβαλλόμενες σταθμίσεις

Η ανάλυση μας ολοκληρώνεται στην παρούσα έρευνα με την κατασκευή χαρτοφυλακίων ελάχιστης διακύμανσης (*minimum variance portfolios*) μεταξύ των συναλλαγμάτων τόσο σε ζευγάρια, αλλά και υποθέτοντας ένα από κοινού χαρτοφυλάκιο. Οι σταθμίσεις (*weights*) που θα υπολογιστούν θα αφορούν μόνο θέσεις αγοράς, ενώ σε κάθε χρονική στιγμή το χαρτοφυλάκιο θα είναι πλήρως επενδυμένο σε κάποιο/κάποια συνάλλαγμα/συναλλάγματα. Η προσέγγιση που ακολουθούμε, σύμφωνη με τον «χαρακτήρα» της υπόλοιπης εργασίας, αναγνωρίζει στην μεταβλητότητα των αποδόσεων την χρονικά μεταβαλλόμενη ιδιότητα με την οποία έρχονται

καθημερινά αντιμέτωποι οι επενδυτές και γι' αυτό το λόγο και οι σταθμίσεις υπολογίζονται ως χρονικά μεταβαλλόμενες. Οι υπό συνθήκη διακυμάνσεις και συνδιακυμάνσεις «αντλούνται» από το Asymmetric-BEKK(1,1) GARCH υπόδειγμα που έχουμε εκτιμήσει.

Πίνακας 4.17

Στατιστικά περιγραφικά μέτρα για τις χρονικά μεταβαλλόμενες σταθμίσεις των χαρτοφυλακίων ελάχιστης διακύμανσης

| Descriptive Statistics for optimal ( <i>minimum variance</i> ) portfolio weights |       |                    |         |         |
|--|-------|--------------------|---------|---------|
|  | Mean  | Standard Deviation | Minimum | Maximum |
| <i>Euro<sub>weight</sub>/GBP</i>   | 0,358 | 0,208              | 0,000   | 1,000   |
| <i>Euro<sub>weight</sub>/JPY</i>   | 0,497 | 0,155              | 0,123   | 0,852   |
| <i>GBP<sub>weight</sub>/Euro</i>   | 0,642 | 0,208              | 0,000   | 1,000   |
| <i>GBP<sub>weight</sub>/JPY</i>  | 0,572 | 0,092              | 0,346   | 0,853   |
| <i>JPY<sub>weight</sub>/Euro</i>   | 0,503 | 0,155              | 0,148   | 0,877   |
| <i>JPY<sub>weight</sub>/GBP</i>  | 0,428 | 0,092              | 0,147   | 0,654   |

Στον Πίνακα 4.17 βρίσκονται περιγραφικά στατιστικά για τις σταθμίσεις του χαρτοφυλακίου και στο Διάγραμμα 4.6<sup>20</sup> παρουσιάζεται η μεταβαλλόμενη στο χρόνο μορφή τους. Ξεκινώντας με τις παρατηρήσεις μας για τα αποτελέσματα του πίνακα σημειώνουμε τα εξής:

- Η μέση τιμή για τη στάθμιση της στερλίνας σ' ένα χαρτοφυλάκιο με το ευρώ είναι 0,642<sup>21</sup> ή 64,2%. Αυτή η τιμή σημαίνει ότι κατά μέσο όρο σ' ένα χαρτοφυλάκιο ελάχιστης διακύμανσης 100 δολαρίων, τα 64,2 δολάρια θα πρέπει να επενδυθούν στη στερλίνα και τα 35,8 δολάρια στο ευρώ. Η μικρότερη στάθμιση που έλαβε στο δείγμα η στερλίνα είναι 0 ή 0% και η μεγαλύτερη 1 ή 100%. Η τυπική απόκλιση ανέρχεται σε 0,208.

<sup>20</sup> Στον «πίνακα διαγραμμάτων» ο τίτλος κάθε γραμμής φανερώνει το συνάλλαγμα του οποίου οι σταθμίσεις παρουσιάζονται με μαύρο χρώμα κατά μήκος της. Ο τίτλος της κάθε στήλης δείχνει το δεύτερο συνάλλαγμα με το οποίο συντίθεται το χαρτοφυλάκιο. Ενδεικτικά: στο διάγραμμα της πρώτης γραμμής και δεύτερης στήλης η μαύρη περιοχή αντιστοιχεί στη στάθμιση που δίνεται στο ευρώ σ' ένα χαρτοφυλάκιο με την στερλίνα. Αντίστοιχα, στο διάγραμμα της πρώτης γραμμής και τρίτης στήλης, η μαύρη περιοχή αντιστοιχεί στη στάθμιση που δίνεται στο ευρώ σ' ένα χαρτοφυλάκιο με το γιεν κ.τ.λ.

<sup>21</sup> κι επομένως για το ευρώ η μέση στάθμιση είναι 1 πλην την μέση στάθμιση της στερλίνας. Το ίδιο μοτίβο επαναλαμβάνεται σ' όλες τις περιπτώσεις εφόσον πρόκειται για σταθμίσεις.

- Η μέση στάθμιση για το γιεν με το ευρώ είναι 0,503 ή 50,3%. Αυτή η τιμή σημαίνει ότι κατά μέσο όρο σ' ένα χαρτοφυλάκιο ελάχιστης διακύμανσης 100 δολαρίων, τα 50,3 δολάρια θα πρέπει να επενδυθούν στο γιεν και τα 49,7 δολάρια στο ευρώ. Η μικρότερη στάθμιση που έλαβε στο δείγμα το γιεν είναι 0,148 ή 14,8% και η μεγαλύτερη 0,877 ή 87,7%. Η τυπική απόκλιση ανέρχεται σε 0,155.
- Η μέση στάθμιση για το γιεν με τη στερλίνα είναι 0,428 ή 42,8%. Αυτή η τιμή σημαίνει ότι κατά μέσο όρο σ' ένα χαρτοφυλάκιο ελάχιστης διακύμανσης 100 δολαρίων, τα 42,8 δολάρια θα πρέπει να επενδυθούν στο γιεν και τα 57,2 στη στερλίνα. Η μικρότερη στάθμιση που έλαβε στο δείγμα το γιεν είναι 0,147 ή 14,7% και η μεγαλύτερη 0,654 ή 65,4%. Η τυπική απόκλιση ανέρχεται σε 0,092.

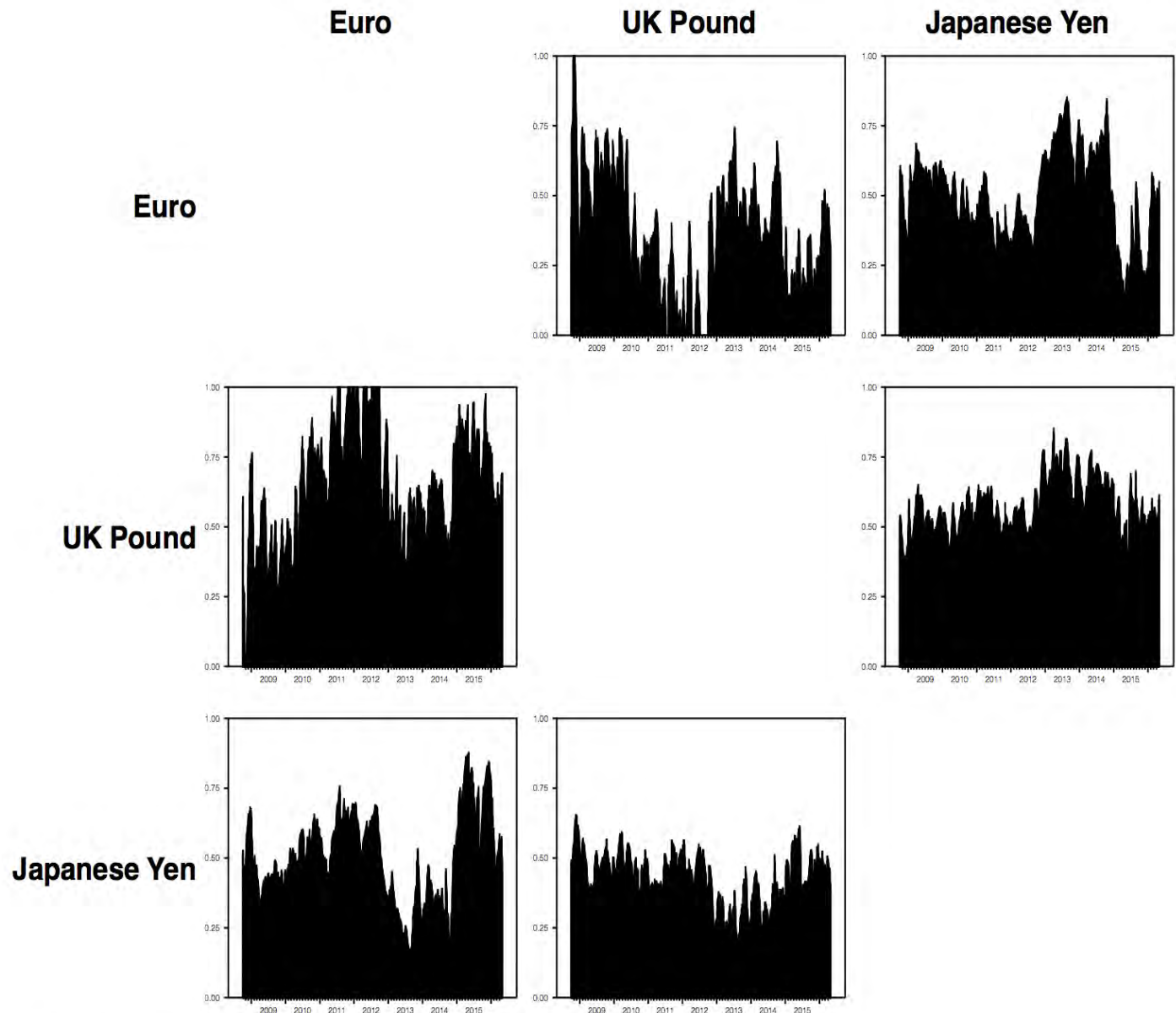
Γίνεται ορατό, λοιπόν, ότι τα χαρτοφυλάκια στα οποία συμμετέχει το γιεν είναι αναμφίβολα περισσότερο και ομαλότερα διαμοιρασμένα ανάμεσα στα δύο συναλλάγματα για όλη τη διάρκεια της υπό εξέτασης περιόδου, όπως φαίνεται και στα αντίστοιχα διαγράμματα. Επιπρόσθετα, όσον αφορά τις min/max τιμές που αναφέραμε κι επανερχόμενοι στα διαγράμματα, μπορούμε να αποφανθούμε ότι ακραίες σταθμίσεις 0% και 100% αντίστοιχα, αλλά και πολύ κοντινά τους ποσοστά, παρατηρούνται για το EUR/USD-GBP/USD από το δεύτερο εξάμηνο του 2010 μέχρι το τέλος του 2012, όπως επίσης και για το 2015. Σύμφωνα Cuthbertson & Nitzsche (2004) η διακύμανση του χαρτοφυλακίου θα είναι η ελάχιστη δυνατή, όταν η συσχέτιση μεταξύ των συναλλαγμάτων ισούται με -1 και η μέγιστη δυνατή, όταν η ίδια ισούται με +1 <sup>22</sup>. Όπως έχουμε ήδη αναφέρει, η μέση τιμή της υπό συνθήκη συσχέτισης του γιεν και με τα δύο άλλα συναλλάγματα είναι πολύ μικρότερη<sup>23</sup>. Επομένως, γίνεται αντιληπτό ότι στα χαρτοφυλάκια που υπάρχει το γιεν επιτυγχάνεται αποτελεσματικότερη διαφοροποίηση.

<sup>22</sup> Υπό την προϋπόθεση ότι αναφερόμαστε σε σταθμίσεις που μπορεί να είναι μόνο θετικές, το οποίο ισχύει για την περίπτωση μας

<sup>23</sup> Συγκριτικά με την υπό συνθήκη συσχέτιση ευρώ-στερλίνας

Διάγραμμα 4.6

Χρονικά μεταβαλλόμενες σταθμίσεις των χαρτοφυλακίων ελάχιστης διακύμανσης



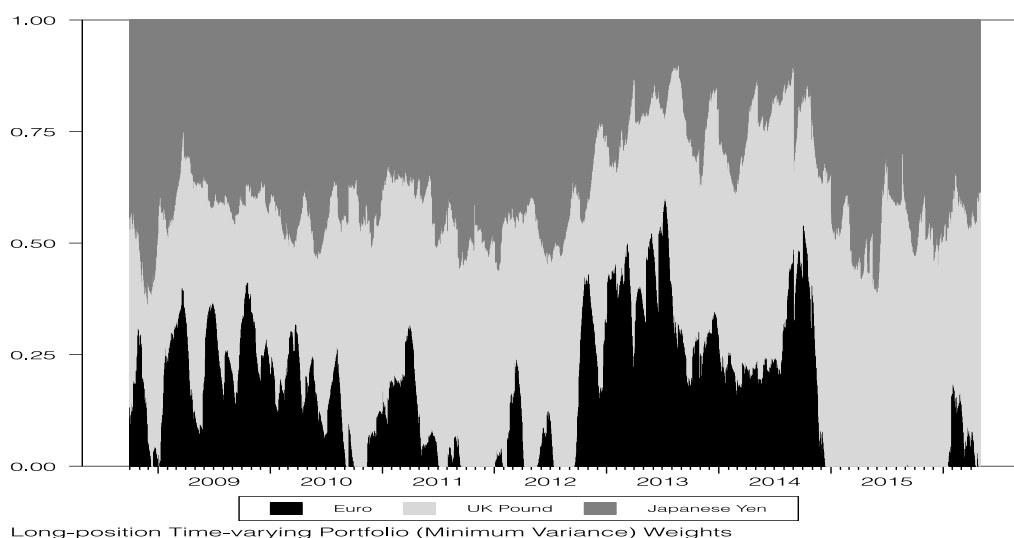
### Optimal Portfolio (Minimum Variance) Weights In Currency Pairs

Τέλος, με την επίλυση του σχετικού προβλήματος ελαχιστοποίησης υπολογίσαμε τις χρονικά μεταβαλλόμενες σταθμίσεις για ένα χαρτοφυλάκιο ελάχιστης διακύμανσης, το οποίο εμπεριέχει και τα τρία συναλλάγματα αυτή τη φορά. Παρατηρώντας το Διάγραμμα 4.7 μπορούμε να εξάγουμε το συμπέρασμα ότι με την εξαίρεση της περιόδου από τα μέσα του 2013 έως μέσα του 2014, το γιεν έχει μια σταθερή στάθμιση στο χρόνο. Σχετικά με το ευρώ και τη στερλίνα διακρίνουμε πολύ πιο έντονες και απότομες αλλαγές των σταθμίσεων τους, οι οποίες σε αρκετά

σημεία του δείγματος έχουν αντιστρόφως ανάλογο χαρακτήρα. Επίσης, διαπιστώνουμε ότι στην περίοδο που ξεκινάει από τα μέσα του 2011 μέχρι και τα μέσα περίπου του 2012, το ευρώ ουσιαστικά είναι σε μεγάλο βαθμό «απόν» από ένα χαρτοφυλάκιο ελάχιστης διακύμανσης. Αυτό το φαινόμενο εξαλείφεται, όμως, μέσα στους μήνες που ακολούθησαν της ομιλίας «whatever it takes» του προέδρου της Ευρωπαϊκής Κεντρικής Τράπεζας Mario Draghi που έλαβε χώρα στις 23 Ιουλίου του 2012 και είχε το περιεχόμενο της υπόσχεσης ότι θα παρασχεθεί απεριόριστη στήριξη στα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα, τις αγορές και τις χώρες της Ευρωζώνης. Ιδιαίτερα αξιοσημείωτο είναι, επίσης, ότι μετά την ολοκλήρωση του QE3 από την Fed (29/10/2014) και πιο συγκεκριμένα για το 2015, σημειώνεται μηδενική στάθμιση για το ευρώ, η οποία αυξάνεται τους πρώτους μήνες του 2016, παραμένοντας, όμως, χαμηλότερη σε σχέση με τα άλλα συναλλάγματα. Όμοια «εικόνα» μπορεί να αντλήσει κάποιος και για το τέλος του QE1 μέχρι την έναρξη του QE2, αλλά και για χρονικό διάστημα που ακολούθησε της λήξης του QE2. Το γενικότερα συμπεράσματα που προκύπτουν είναι δύο: α) Τα διαστήματα που παρατηρούμε το χαρτοφυλάκιο να έχει, σε *γενικές γραμμές*, τις πιο ισόποσα κατανεμημένες σταθμίσεις είναι στα μέσα του QE1 και του QE2 και στο δεύτερο μισό του QE3 β) Αναμφίβολα, μια στρατηγική χαρτοφυλακίου σταθερών και ίσων σταθμίσεων για το ευρώ, τη στερλίνα και το γιεν δε θα ήταν αποδοτική από τη σκοπιά της ελαχιστοποίησης ρίσκου και για την περίοδο που εξετάζει η παρούσα έρευνα (01/10/2008 έως 29/4/2016). Οι επενδυτές συνίσταται να προσεγγίζουν το ζήτημα της μεταβλητότητας λαμβάνοντας υπόψιν τις *χρονικά μεταβαλλόμενες ιδιότητές της*.

Διάγραμμα 4.7

Χρονικά μεταβαλλόμενες σταθμίσεις χαρτοφυλακίου ελάχιστης διακύμανσης (επιτρεπτές μόνο οι θέσεις αγοράς)



## Κεφάλαιο 5

### Συμπεράσματα

Οι επιδράσεις της μη συμβατικής πολιτικής, που άσκησαν οι μεγαλύτερες Κεντρικές Τράπεζες του κόσμου στην περίοδο της οικονομικής κρίσης του 2007-2009 και της ύφεσης που ακολούθησε, έχουν μελετηθεί και αναλυθεί σε μια πληθώρα άρθρων σε επιστημονικά περιοδικά. Παρ' όλα αυτά, όπως επισημαίνουν οι Kenourgios *et al.* (2015α), αν και υπάρχουν κάποιες έρευνες οι οποίες διερευνούν την επίδραση των QE ανακοινώσεων στην μεταβλητότητα των ομολόγων και των χρηματιστηριακών αγορών, η μεταβλητότητα στην αγορά συναλλάγματος έχει μελετηθεί σε περιορισμένο βαθμό. Η εξέταση της υπό συνθήκη διακύμανσης και συνδιακύμανσης των αποδόσεων συναλλαγματικών ισοτιμιών κατά τα διαστήματα εφαρμογής Ποσοτικής Χαλάρωσης από την Fed, αποτέλεσε το πρώτο ερευνητικό ερώτημα που απάντησε η παρούσα εργασία.

Τα χρονικά διαστήματα εφαρμογής των QE1, QE2, Operation Twist και QE3 από την Fed εισήλθαν στην Asymmetric-BEKK(1,1)-GARCH υποδειματοποίηση των αποδόσεων του ευρώ, της στερλίνας και του γιέν, που χρησιμοποιήσαμε στην ανάλυσή μας, ως ψευδομεταβλητές οι οποίες παίρνουν την τιμή «1» όταν βρίσκεται σε εφαρμογή κάποιο πρόγραμμα και «0» στην αντίθετη περίπτωση. Αρχικά, οι εκτιμήσεις του υποδείγματος υπέδειξαν ύπαρξη των φαινομένων μετάδοσης σοκ/«shock transmission» και μεταβλητότητας/«volatility spillover» μεταξύ των συναλλαγματικών, όπως επίσης και αποτελέσματα μόχλευσης (asymmetric effects) στις υπό συνθήκη διακυμάνσεις τους. Κατά την περίοδο του QE1, με την εξαίρεση της δεσμευμένης διακύμανσης των αποδόσεων του γιέν (η οποία μειώνεται, αλλά ο σχετικός συντελεστής της ψευδομεταβλητής δεν είναι στατιστικά σημαντικός) και της στερλίνας, η υπό συνθήκη διακύμανση των αποδόσεων του ευρώ και οι δεσμευμένες συνδιακυμάνσεις κάθε πιθανού συνδυασμού συναλλαγματικών αποδόσεων, μειώνονται. Την περίοδο του QE2 πτώση σημειώνεται στις υπό συνθήκη συνδιακυμάνσεις των αποδόσεων ευρώ-στερλίνας και γιέν-ευρώ. Αναφορικά με την περίοδο που έλαβε χώρα το Operation Twist, το πόρισμα είναι ότι μειώνονται τόσο οι υπό συνθήκη διακυμάνσεις των αποδόσεων του ευρώ και της στερλίνας, όσο και η δεσμευμένη συνδιακύμανση γιέν-ευρώ. Τέλος, στο διάστημα που καλύπτει η εφαρμογή του QE3, μείωση επίσης παρατηρείται στις υπό συνθήκη διακυμάνσεις των αποδόσεων του ευρώ και της στερλίνας, αλλά και στη μεταξύ τους δεσμευμένη συνδιακύμανση. Επομένως, σύμφωνα με την ανάλυσή μας, η διεθνής επίδραση αυτών των προγραμμάτων μη συμβατικής πολιτικής της Fed δεν

παίρνει τον χαρακτήρα μετάδοσης ρίσκου, αλλά αντιθέτως, εκείνον της διάδοσης «ηρεμίας»/μείωσης αβεβαιότητας, ένα «*calming down impact*», το οποίο εντοπίζουν και οι Liao *et al.*, (2018) για τις συναλλαγματικές ισοτιμίες δέκα ασιατικών χωρών. Επίσης, στην κατεύθυνση των παραπάνω που αποδίδουν θετικές επιδράσεις στις συγκεκριμένες πολιτικές της Fed, είναι η ανάγνωση των ευρημάτων του Kenourgios *et al.*, (2015α) υπό το πρίσμα ότι οι ανακοινώσεις QE της ECB αύξησαν την υπό συνθήκη μεταβλητότητα του ευρώ, ενώ της BoE άφησαν ανεπηρέαστη της στερλίνας για το διάστημα 3/2/2009 έως 31/12/2012. Το εν λόγω διάστημα εμπεριέχει τις περιόδους εφαρμογής του QE1, QE2, Operation Twist και την αρχή του QE3.

Από τη σκοπιά της αντιστάθμισης κινδύνου, ευκαιρίες δεν αναζητήσαμε μεταξύ του ευρώ και της στερλίνας, εξαιτίας της υψηλής υπό συνθήκη συσχέτισης που παρουσιάζουν. Μεταξύ των υπολοίπων, η ακριβότερη κατά μέσο όρο είναι του ευρώ με το γιέν (0,25) και η φθηνότερη της στερλίνας με το γιέν (0,11). Συνολικά, το γιέν παρέχει δυνατότητες αντιστάθμισης για τη στερλίνα και το ευρώ. Επιπρόσθετα, τονίζουμε ότι μετά το τέλος του QE3, όλες οι πιθανές επιλογές αντιστάθμισης γίνονται ακριβότερες σε σχέση με το προηγούμενο διάστημα του δείγματός μας. Όσον αφορά τα χαρτοφυλάκια δύο συναλλαγμάτων που κατασκευάσαμε με χρονικά μεταβαλλόμενες σταθμίσεις, σε όποια συμμετέχει το γιέν είναι ομαλότερα διαμοιρασμένα, δεν παρατηρούνται περίοδοι με ακραίες σταθμίσεις και συνολικά επιτυγχάνεται αποτελεσματικότερη διαφοροποίηση, υπό την έννοια που παίρνει η ίδια στην περίπτωσή μας. Στο χαρτοφυλάκιο που δημιουργούμε και με τα 3 συναλλάγματα, όπου κι εδώ οι σταθμίσεις προσεγγίζονται ως μεταβαλλόμενες στο χρόνο, το γιέν σε γενικές γραμμές έχει την πιο σταθερή «παρουσία», υπό το πρίσμα της εσωτερικής σύστασης. Γενικά, τα διαστήματα που παρατηρούμε το χαρτοφυλάκιο να έχει τις πιο ισόποσα κατανεμημένες σταθμίσεις είναι στα μέσα του QE1 και του QE2 και στο δεύτερο μισό του QE3. Η στάθμιση του ευρώ για το διάστημα από την ολοκλήρωση του QE1 έως την έναρξη του QE2, αλλά και για διάστημα που ακολούθησε της ολοκλήρωσης του QE2 είναι πολύ μικρή έως και μηδενική. Αντίστοιχα, δύο μήνες μετά το τέλος του QE3 (29/10/2014) και για όλο το 2015 η στάθμιση του ευρώ είναι σταθερά μηδενική. Το συμπέρασμα, λοιπόν είναι ότι σ' ένα χαρτοφυλάκιο ελαχιστοποίησης ρίσκου/κινδύνου, το ευρώ δεν αποτελεί μέρος της σύνθεσής του για περιόδους που ακολουθούν τη λήξη των QE προγραμμάτων. Τέλος, διαπιστώνουμε ότι, σ' ένα συνολικό επίπεδο, οι σταθμίσεις, έτσι όπως υπολογίστηκαν για να ελαχιστοποιούν τη διακύμανση του χαρτοφυλακίου σε ημερήσια συχνότητα, διαφέρουν κατά πολύ από εκείνες που θα προϋπέθετε μια στρατηγική ίσων σταθμίσεων.



## 5.1 Περιορισμοί της παρούσας ανάλυσης και προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Ένας περιορισμός στην παρούσα μελέτη είναι ότι εξετάζουμε τις επιδράσεις στις υπό συνθήκη διακυμάνσεις και συνδιακυμάνσεις των συναλλαγματικών αποδόσεων λαμβάνοντας υπόψιν μόνο τα προγράμματα μη συμβατικής πολιτικής της Fed. Κατ' επέκταση, υπό την παρούσα υποδειγματοποίηση δεν γίνεται ορατό πως οι ανακοινώσεις και τα προγράμματα Ποσοτικής Χαλάρωσης από άλλες Κεντρικές Τράπεζες επηρέασαν τη δεσμευμένη μεταβλητότητα και συνδιακύμανση για τις αποδόσεις του ευρώ, της στερλίνας και του γιέν. Επομένως, μια μελλοντική έρευνα θα μπορούσε να στηριχθεί σε μια υποδειγματοποίηση που θα ενσωμάτωνε ταυτόχρονα τις ανακοινώσεις μη συμβατικής πολιτικής των Fed, ECB, BoE και BoJ και τις επιδράσεις που υφίστανται οι υπό συνθήκη διακυμάνσεις, συνδιακυμάνσεις και συσχετίσεις των συναλλαγμάτων ή/και χρηματιστηριακών δεικτών/Διαπραγματεύσιμων Αμοιβαίων Κεφαλαίων (ETFs). Επιπλέον, σε μια τέτοια περίπτωση, δεδομένα ωριαίας συχνότητας θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν, τα οποία παρέχουν πιο ακριβείς πληροφορίες για τη δυναμική εξέλιξη των τιμών ενός συναλλάγματος, ενός χρηματιστηριακού δείκτη κ.τ.λ. σε σχέση με τα ημερήσια δεδομένα. Τέλος, οι ευκαιρίες αντιστάθμισης κινδύνου και η σύνθεση των χαρτοφυλακίων ελάχιστης διακύμανσης που μελετήσαμε, περιορίζονται στο ευρώ, στη στερλίνα και στο γιέν. Ερευνητικό ενδιαφέρον θα αποσπούσε, επίσης, μια ανάλυση υπό το ίδιο μεθοδολογικό και χρονολογικό πλαίσιο, η οποία, όμως, θα περιλαμβάνει διαφορετικού είδους επενδύσεις, όπως ομόλογα και μετοχές.

# Βιβλιογραφία

## Ξενόγλωσση

- Agostini, G., Garcia, J. P., Gonzalez, Á., Jingwen, J., Muller, L., & Zaidi, A. (2016). Comparative Study of Central Bank Quantitative Easing Programs. *Report School of International and Public Affairs (SIPA) Columbia University*.
- Akaike, H. (1969). Fitting autoregressive models for prediction. *Annals of the institute of Statistical Mathematics*, 21(1), 243-247.
- Akaike, H. (1970). Autoregressive model fitting for control. *Annals of the Institute of Statistical Mathematics*, 22, 163–180.
- Akaike, H. (1973). Information theory and an extension of the maximum likelihood principle. In *Proceedings of the Second International Symposium on Information Theory*, B. N. Petrov and F. Csaki (eds), 267-281. Budapest: Akademiai Kiado.
- Asteriou, D., & Hall, S. G. (2016). *Applied Econometrics 3<sup>rd</sup> ed.*(NY: Palgrave Macmillan).
- Bhattarai, S., Chatterjee, A., & Park, W. Y. (2015). *Effects of US quantitative easing on emerging market economies*.
- Bauwens, L., Laurent, S., & Rombouts, J. V. (2006). Multivariate GARCH models: a survey. *Journal of applied econometrics*, 21(1), 79-109.
- Beetsma, R., de Jong, F., Giuliodori, M., & Widiyanto, D. (2017). Realized (co) variances of eurozone sovereign yields during the crisis: The impact of news and the Securities Markets Programme. *Journal of International Money and Finance*, 75, 14-31.
- Bernanke, B. S., & Reinhart, V. R. (2004). Conducting monetary policy at very low short-term interest rates. *American Economic Review*, 94(2), 85-90.
- Bluwstein, K., & Canova, F. (2016). Beggar-thy-neighbor? The international effects of ECB unconventional monetary policy measures. *International Journal of Central Banking*, 12(3), 69-120.
- Boffelli, S., & Urga, G. (2016). *Financial Econometrics Using Stata*. Stata Press Publication.

- Bollerslev, T. (1986). Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity. *Journal of econometrics*, 31(3), 307-327.
- Bollerslev, T., Engle, R. F., & Wooldridge, J. M. (1988). A capital asset pricing model with time-varying covariances. *Journal of political Economy*, 96(1), 116-131.
- Bollerslev, T. (1990). Modelling the coherence in short-run nominal exchange rates: a multivariate generalized ARCH model. *Review of Economics and statistics*, 72(3), 498-505.
- Brooks, C. (2008). *Introductory econometrics for finance* (2<sup>nd</sup> ed.). Cambridge University Press.
- Bubák, V., Kočenda, E., & Žikeš, F. (2011). Volatility transmission in emerging European foreign exchange markets. *Journal of Banking & Finance*, 35(11), 2829-2841.
- Cecioni, M., Ferrero, G., & Secchi, A. (2011). Unconventional monetary policy in theory and in practice. *Bank of Italy Occasional Paper*, (102).
- Cuthbertson, K., & Nitzsche, D. (2004). *Quantitative financial economics: stocks, bonds and foreign exchange*, 2<sup>nd</sup> ed., New York: John Wiley & Sons.
- Dickey, D. A., & Fuller, W. A. (1979). Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. *Journal of the American statistical association*, 74, 427-431.
- Dickey, D. A., & Fuller, W. A. (1981). Likelihood ratio statistics for autoregressive time series with a unit root. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 1057-1072.
- Dimitriou, D., & Kenourgios, D. (2013). Financial crises and dynamic linkages among international currencies. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 26, 319-332.
- Doan, T. (2018). *RATS Handbook for ARCH/GARCH and Volatility Models*. Estima.
- Enders, W. (2015). *Applied econometric time series*. Hoboken, NJ: Wiley.
- Engle, R. F. (1982). Autoregressive conditional heteroscedasticity with estimates of the variance

- of United Kingdom inflation. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 987-1007.
- Engle, R. (2002). Dynamic conditional correlation: A simple class of multivariate generalized autoregressive conditional heteroskedasticity models. *Journal of Business & Economic Statistics*, 20(3), 339-350.
- Engle, R. F.; T. Ito and W. L. Lin, 1990. Meteor showers or heat waves? Heteroskedastic intra-daily volatility in the foreign exchange market. *Econometrica*, 58 (3), 525-542.
- Engle, R. F., & Kroner, K. F. (1995). Multivariate simultaneous generalized ARCH. *Econometric theory*, 11(1), 122-150.
- Engle, R. F., & Ng, V. K. (1993). Measuring and testing the impact of news on volatility. *The journal of finance*, 48(5), 1749-1778.
- Falagiarda, M., & Reitz, S. (2013). *Announcements of ECB unconventional programs: Implications for the sovereign risk of Italy* (No. 1866). Kiel Working Paper.
- Fawley, B. W., & Neely, C. J. (2013). Four stories of quantitative easing. *Federal Reserve Bank of St. Louis Review*, 95(1), 51-88.
- Francq, C., & Zakoian J. M (2019). *GARCH models : structure, statistical inference and financial applications*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- Fratzscher, M., Lo Duca, M., & Straub, R. (2013). On the International Spillovers of US Quantitative Easing. ECB Working Paper No. 1557.
- Gagnon J., Raskin M., Remache J., Sack B., (2011). The financial market effects of the Federal Reserve's Large-Scale Asset Purchases. *International Journal of Central Banking*, 7(1), 3-43.
- Glick, R., & Leduc, S. (2012). Central bank announcements of asset purchases and the impact on

- global financial and commodity markets. *Journal of International Money and Finance*, 31(8), 2078-2101.
- Glosten, L. R., Jagannathan, R., & Runkle, D. E. (1993). On the relation between the expected value and the volatility of the nominal excess return on stocks. *The journal of finance*, 48(5), 1779-1801.
- Gregoriou, G. N. (Ed.). (2009). *Stock market volatility*. CRC press.
- Hacker, R.S., & Hatemi-J, A. (2005). A test for multivariate ARCH effects. *Applied Economics Letters*, 12(7), 411-417.
- Haltom, R. C., & Wolman, A. L. (2012). A citizen's guide to unconventional monetary policy. *Richmond Fed Economic Brief*, (Dec).
- Hannan, E. J., & Quinn, B. G. (1979). The determination of the order of an autoregression. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)*, 41(2), 190-195.
- Joyce, M. A., & Tong, M. (2012). QE and the gilt market: a disaggregated analysis. *The Economic Journal*, 122(564).
- Joyce, M. A., McLaren, N., & Young, C. (2012). Quantitative easing in the United Kingdom: evidence from financial markets on QE1 and QE2. *Oxford Review of Economic Policy*, 28(4), 671-701.
- Kawai, M. (2015). International Spillovers of Monetary Policy: US Federal Reserve's Quantitative Easing and Bank of Japan's Quantitative and Qualitative Easing. *SSRN Electronic Journal*.
- Kenourgios, D., Papadamou, S., & Dimitriou, D. (2015 $\alpha$ ). On quantitative easing and high frequency exchange rate dynamics. *Research in International Business and Finance*, 34, 110-125.
- Kenourgios, D., Papadamou, S., & Dimitriou, D. (2015 $\beta$ ). Intraday exchange rate volatility transmissions across QE announcements. *Finance Research Letters*, 14, 128-134.
- Kiendrebeogo, Y. (2016). Unconventional monetary policy and capital flows. *Economic Modelling*, 54, 412-424.
- Kroner, K. F., & Sultan, J. (1993). Time-varying distributions and dynamic hedging with foreign

- currency futures. *Journal of financial and quantitative analysis*, 28(4), 535-551.
- Kroner, K. F., & Ng, V. K. (1998). Modeling asymmetric comovements of asset returns. *The review of financial studies*, 11(4), 817-844.
- Kumar, M. (2013). Returns and volatility spillover between stock prices and exchange rates: Empirical evidence from IBSA countries. *International Journal of Emerging Markets*, 8(2), 108-128.
- Lavigne, R., Sarker, S., & Vasishtha, G. (2014). Spillover effects of quantitative easing on emerging-market economies. *Bank of Canada Review*, 2014(Autumn), 23-33.
- Li, Y., & Giles, D. E. (2014). Modelling volatility spillover effects between developed stock markets and Asian emerging stock markets. *International Journal of Finance & Economics*, 20(2), 155-177.
- Liao, S.L., Lin C.H., Lai C.W. & Lin, J.H.(2018).Influences of Quantitative Easing Policy on Volatility and Correlation among Asianfinancial Markets. *International Research Journal of Finance and Economics*, 165, 55-67.
- Ljung, G. M., & Box, G. E. (1978). On a measure of lack of fit in time series models. *Biometrika*, 65(2), 297-303.
- MacKinnon, J. (1991). Critical Values for Cointegration Tests. In: Engle, R. and Granger, C., Eds., *Long Run Economic Relationships*, Oxford University Press.
- Malik, F., & Hammoudeh, S. (2007). Shock and volatility transmission in the oil, US and Gulf equity markets. *International Review of Economics & Finance*, 16(3), 357-368.
- Malliaropulos, D., & Migiakis, P. (2018). *Quantitative easing and sovereign bond yields: a global perspective*, Working Papers 253, Bank of Greece.
- McLeod, A. I., & Li, W. K. (1983). Diagnostic checking ARMA time series models using

- squared-residual autocorrelations. *Journal of time series analysis*, 4(4), 269-273.
- Mishkin, F. & Eakins, S. (2018). *Financial markets and institutions* (9<sup>th</sup> global ed.). England: Pearson.
- Miyakoshi, T., Shimada, J., & Li, K. W. (2017). The dynamic effects of quantitative easing on stock price: Evidence from Asian emerging markets, 2001–2016. *International Review of Economics & Finance*, 49, 548-567.
- Neely, C.(2012). *The large-scale asset purchases had large international effects*. Federal Reserve Bank of Saint Louis Working Paper.
- Peña, D., Tiao, G. & Tsay, R. (2001). *A course in time series analysis*. New York: J. Wiley.
- Ranaldo, A., & Söderlind, P. (2009). Safe Haven Currencies. *SSRN Electronic Journal*.
- Rodríguez, M. J., & Ruiz, E. (2012). Revisiting several popular GARCH models with leverage effect: Differences and similarities. *Journal of Financial Econometrics*, 10(4), 637-668.
- Rogers, J. H., Scotti, C., & Wright, J. H. (2014). Evaluating asset-market effects of unconventional monetary policy: a multi-country review. *Economic Policy*, 29(80), 749-799.
- Sadorsky, P. (2012). Correlations and volatility spillovers between oil prices and the stock prices of clean energy and technology companies. *Energy Economics*, 34(1), 248-255.
- Schwarz, G. (1978). Estimating the dimension of a model. *The annals of statistics*, 6(2), 461-464.
- Soriano, P., & Climent, F. (2005). Volatility Transmission Models: A Survey. *Revista de Economía Financiera*.
- Steeley, J. M. (2015). The effects of quantitative easing on the integration of UK capital markets. *The European Journal of Finance*, 1-26.
- Steeley, J. M., & Matyushkin, A. (2015). The effects of quantitative easing on the volatility of the gilt-edged market. *International review of financial analysis*, 37, 113- 128.
- Thornton, J., & di Tommaso, C. (2018). Unconventional monetary policy and the ‘currency wars’. *Finance Research Letters*, 26, 250-254.

- Tsay, R. S. (2010). *Analysis of financial time series*. Hoboken, N.J: Wiley.
- Tsay, R. (2013). *An introduction to analysis of financial data with R*. Hoboken, N.J: Wiley.
- UEDA, K. (2012). Japan's Deflation and the Bank of Japan's Experience with Nontraditional Monetary Policy. *Journal of Money, Credit and Banking*, 44, 175–190.
- Ugai, H. (2007). Effects of the quantitative easing policy: A survey of empirical analyses. *Monetary and Economic Studies-Bank of Japan*, 25(1), 1.
- Ugai, H. (2015). Transmission Channels and Welfare Implications of Unconventional Monetary Easing Policy in Japan. *Tokyo Center for Economic Research (TCER) Paper No. E-102*.
- Yang, Z., & Zhou, Y. (2016). Quantitative easing and volatility spillovers across countries and asset classes. *Management Science*, 63(2), 333-354.
- Zakoian, J. M. (1994). Threshold heteroskedastic models. *Journal of Economic Dynamics and control*, 18(5), 931-955.
- Zivot, E. & Wang, J. (2006). *Modeling financial time series with S-plus*. New York, NY: Springer.

## Ελληνόγλωσση

- Gujarati, D. & Porter, D. (2016). *Οικονομετρία: Αρχές και Εφαρμογές* (5η έκδ.) (Π. Γκάσης, Μτφρ.). Θεσσαλονίκη : Τζιόλα.
- Wooldridge, G. (2013). *Εισαγωγή στην Οικονομετρία. Μια Σύγχρονη προσέγγιση* (4η έκδ.) (Τ. Πλυτά, Μτφρ.). Αθήνα : Εκδόσεις Παπαζήση.
- Αγγελόπουλος, Π.(2010). *Τράπεζες και Χρηματοπιστωτικό Σύστημα.(Αγορές, Προϊόντα, Κίνδυνοι)* (3η έκδ.). Αθήνα : Σταμούλη.
- Δημέλη, Σ. (2013). *Σύγχρονες μέθοδοι ανάλυσης χρονολογικών σειρών*. Αθήνα: Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών. Εταιρεία Ο.Π.Α.



- Κιντής, Α. (2010). *Σύγχρονη Οικονομετρική Ανάλυση*. Τόμος Β'. Αθήνα : Gutenberg.
- Κορλίρας, Π.(2006). *Νομισματική θεωρία και πολιτική* (2η έκδ.). Αθήνα : Μπένου.
- Πουφινάς, Θ., & Φλώρος, Χ. (2017). *Χρηματοοικονομικά Παράγωγα*. Θεσσαλονίκη : Δίσιγμα.
- Συριόπουλος, Κ. (2004). *Ανάλυση και Έλεγχοι Μονομεταβλητών Χρηματοοικονομικών Χρονολογικών Σειρών* (2η ανατύπωση). Αθήνα : Τυπωθήτω.
- Συριόπουλος, Κ., & Φίλιππας, Δ. (2010). *Οικονομετρικά υποδείγματα και εφαρμογές με το EVIEWS*.(Χρηματοοικονομική, Μακροοικονομική, Καινοτομία, Μάρκετινγκ, Ανάλυση Επιβίωσης). Θεσσαλονίκη : Ανικούλα.
- Συριόπουλος, Κ., & Παπαδάμου, Σ. (2014). *Εισαγωγή στην Τραπεζική Οικονομική και τις Κεφαλαιαγορές*. Αθήνα : Utopia.
- Χάλκος, Γ. (2011α). *Οικονομετρία. Θεωρία, εφαρμογές και χρήση προγραμμάτων σε H/Y*. Αθήνα: Gutenberg.
- Χάλκος, Γ. (2011β). *Στατιστική. Θεωρία, Εφαρμογές και Χρήση Στατιστικών Προγραμμάτων σε H/Y* (3η έκδ.). Αθήνα : Τυπωθήτω.

### **Ηλεκτρονικές πηγές:**

- <https://www.boj.or.jp/en/index.htm/>
- <https://vlab.stern.nyu.edu/docs/correlation/GARCH-DCC>
- <http://fx.sauder.ubc.ca/data.html>

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Πίνακας 1

Μη συμβατικές νομισματικές πολιτικές των Κεντρικών Τραπεζών ECB, BoE, Fed, BoJ και σχετικές ανακοινώσεις ( 01/10/2008 - 29/4/2016 )

| ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΤΡΑΠΕΖΑ                   | ΜΗ ΣΥΜΒΑΤΙΚΕΣ ΝΟΜΙΣΜΑΤΙΚΕΣ ΠΟΛΙΤΙΚΕΣ & ΣΗΜΑΝΤΙΚΕΣ ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΕΙΣ | ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ | ΕΠΙΠΡΟΣΘΕΤΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ   |
|------------------------------------|--|------------|--|
| <b>EUROPEAN CENTRAL BANK (ECB)</b> |  |            |  |
| ECB                                | FRFA   | 2008-10-15 | Η ECB θα πραγματοποιήσει απεριόριστες παροχές ρευστότητας μέσω δημοπρασιών σταθερού επιτοκίου με πλήρη κατανομή. Ο κατάλογος των αποδεκτών τίτλων ασφάλειας (eligible collateral) επεκτείνεται.  |
| ECB                                | CBPP1/LTRO   | 2009-05-07 | Η ECB θα αγοράσει €60 δις καλυμμένων ομολόγων (covered bonds), και ανακοινώνει 12-μηνες λειτουργίες μακροπρόθεσμης αναχρηματοδότησης (LTROs )  |
| ECB                                | SMP  | 2010-05-10 | Η ECB θα αγοράσει δημόσιο/κυρίαρχο χρέος στις δευτερογενείς αγορές   |
| ECB                                | CBPP   | 2010-06-30 | Ολοκλήρωση CBPP προγράμματος: οι αγορές τελειώνουν σύμφωνα με την προγραμματισμένη ημερομηνία, τα ομόλογα που έχουν αγοραστεί θα διακρατηθούν  |
| ECB                                | CBPP2  | 2011-10-06 | Η ECB θα αγοράσει επιπλέον €40 δις καλυμμένων ομολόγων   |
| ECB                                | LTRO   | 2011-12-08 | Η ECB ανακοινώνει 36-μηνες λειτουργίες μακροχρόνιας αναχρηματοδότησης (LTROs) ,επέκταση καταλόγου αποδεκτών τίτλων ασφάλειας (eligible collateral)   |
| ECB                                | OMT  | 2012-08-02 | Ο πρόεδρος της ECB Mario Draghi υποδηλώνει ότι η ECB θα επεκτείνει τις αγορές δημοσίου/κυρίαρχου χρέους και διακηρύσσει ότι «το ευρώ είναι μη αναστρέψιμο»   |
| ECB                                | OMT  | 2012-09-06 | Η ECB ανακοινώνει νέο πρόγραμμα για αγορά δημοσίου/κυρίαρχου χρέους. Ανακοίνωση για Αγορές κυβερνητικών ομολόγων στο πρόγραμμα Οριστικών Νομισματικών Συναλλαγών (OMTs): Οι χώρες που κάνουν αίτηση στον Ευρωπαϊκό Μηχανισμό Σταθερότητας (ESM) και συμμορφώνονται με τους όρους του, θα πληρούν τις προϋποθέσεις έτσι ώστε να αγοραστεί το χρέος τους σε απεριόριστα ποσά από την ECB |
| ECB                                | 2014 – Deposit rate cut  | 2014-6-11  | Η ECB ανακοινώνει μείωση του επιτοκίου καταθέσεων από 0 σε -0.1%   |

|                              |   |            |   |
|------------------------------|---|------------|---|
| ECB                          | 2014  | 2014-8-22  | Ο Mario Draghi υπαινίσσεται πιθανά μέτρα Ποσοτικής Χαλάρωσης  |
| ECB                          | 2014  | 2014-9-10  | Η ECB μειώνει το επιτόκιο καταθέσεων από -0.1 σε -0.2%  |
| ECB                          | 2014 – CBPP3  | 2014-10-20 | Η: ECB ξεκινά 3ο πρόγραμμα αγοράς καλυμμένων ομολογιών CBPP3  |
| ECB                          | 2014 – Asset Backed Securities Purchase Programme (ABSPP) | 2014-11-21 | Η ECB ξεκινά το πρόγραμμα αγοράς τίτλων καλυπτόμενων από περιουσιακά στοιχεία (ABSPP) με την πρόθεση να κρατήσει για 2 χρόνια   |
| ECB                          | 2015 – Expanded Asset Purchase Program (EAPP)             | 2015-1-22  | Η ECB ανακοινώνει διευρυμένο πρόγραμμα αγοράς στοιχείων ενεργητικού, όπου θα αγοράζει €60 δις το μήνα από κεντρικές κυβερνήσεις, ειδικούς φορείς-εκδότες χρεογράφων και ευρωπαϊκών οργανισμών της ζώνης του ευρώ. Το συνολικό πρόγραμμα Ποσοτικής Χαλάρωσης θα είναι τουλάχιστον €1.1 τρις  |
| ECB                          | 2015 - PSPP   | 2015-3-10  | Η ECB ξεκινά το πρόγραμμα αγοράς στοιχείων του ενεργητικού του δημοσίου τομέα, με το 90% των συνολικών αγορών να διατίθεται σε κυβερνητικά ομόλογα  |
| ECB                          | 2015 – Deposit rate cut                                   | 2015-12-9  | Η ECB ανακοινώνει μείωση του επιτοκίου καταθέσεων από -0.2 σε -0.3%   |
| ECB                          | 2016  | 2016-3-10  | Η ECB αυξάνει τις μηνιαίες αγορές ομολόγων δημοσίου και ιδιωτικού τομέα (€60 με €80 δις) και ξεκινά τις αγορές εταιρικών ομολόγων. Επίσης, η ECB ανακοινώνει ότι το «EAPP» θα επεκτείνει τις μηνιαίες αγορές στα €80 δις τον Απρίλιο και οι στοχευμένες πράξεις πιο μακροπρόθεσμης αναχρηματοδότησης (TLTO II) θα ξεκινήσουν από τον Ιούνιο του 2016. |
| ECB                          | 2016 - Deposit rate cut                                   | 2016-3-16  | Η ECB μειώνει το επιτόκιο καταθέσεων από -0.3% το -0.4%. Το επιτόκιο αναφοράς μειώνεται από 0.05% σε 0%.  |
| <b>BANK OF ENGLAND (BoE)</b> |   |            |   |
| BoE                          | 2009 Asset Purchasing Facility (APF)                      | 2009-01-19 | Σύσταση του Ταμείου Αγοράς Στοιχείων Ενεργητικού (APF): Η BoE θα αγοράσει έως και £50 δις υψηλής ποιότητας ιδιωτικά περιουσιακά στοιχεία  |
| BoE                          | 2009 APF  | 2009-02-11 | Η BoE παρατηρεί έναν μικρό κίνδυνο αναφορικά με το να καταφέρει να πετύχει τους στόχους πληθωρισμού. Επαναλαμβάνει ότι το APF αποτελεί δυνητικό εργαλείο πολιτικής  |
| BoE                          | 2009 APF  | 2009-03-05 | Η BoE ανακοινώνει £75 δις σε πρόγραμμα Ποσοτικής Χαλάρωσης (αγορά περιουσιακών στοιχείων)   |
| BoE                          | 2009 APF  | 2009-05-07 | Η BoE επεκτείνει το πρόγραμμα Ποσοτικής Χαλάρωσης σε £125 δις για αγορές περιουσιακών στοιχείων (£50 δις αύξηση)  |
| BoE                          | 2009 APF  | 2009-08-06 | Η BoE επεκτείνει το πρόγραμμα Ποσοτικής Χαλάρωσης σε £175 δις (£50 δις αύξηση)  |

|                                     |   |            |  |
|-------------------------------------|---|------------|--|
| BoE                                 | 2009 APF                                | 2009-11-05 | Η BoE επεκτείνει το πρόγραμμα Ποσοτικής Χαλάρωσης σε £200 δις (£25 δις αύξηση)   |
| BoE                                 | 2010 APF                                | 2010-02-04 | Σταθεροποίηση του προγράμματος Ποσοτικής Χαλάρωσης: Η BoE διακρατά τα περιουσιακά στοιχεία που έχουν αγοραστεί.  |
| BoE                                 | 2011 APF                                | 2011-10-06 | Επέκταση Ποσοτικής Χαλάρωσης: Η BoE θα αγοράσει £275 δις με έκδοση αποθεματικών. Το άνω όριο σε ιδιωτικά περιουσιακά στοιχεία που διακρατούνται παραμένει £50 δις                          |
| BoE                                 | 2011 APF                                | 2011-11-29 | Μείωση του μεγίστου των αγορών σε ιδιωτικά περιουσιακά: Το Υπουργείο Οικονομικών μειώνει το άνω όριο του APF για τα ιδιωτικά περιουσιακά στοιχεία που διακρατούνται από £50 δις σε £10 δις |
| BoE                                 | 2012 APF                                | 2012-02-09 | Η BoE επεκτείνει το πρόγραμμα Ποσοτικής Χαλάρωσης στα £325 δις (£50 δις αύξηση) σε περιουσιακά στοιχεία  |
| BoE                                 | 2012 APF                                | 2012-07-05 | Η BoE επεκτείνει το πρόγραμμα Ποσοτικής Χαλάρωσης στα £375 δις (£50 δις αύξηση) σε περιουσιακά στοιχεία  |
| BoE                                 | 2013 – FLS (Funding for Lending Scheme) | 2013-4-24  | Η BoE και το Υπουργείο Οικονομικών ανακοινώνουν ετήσια επέκταση του «FLS» (Funding for Lending Scheme)   |
| BoE                                 | 2013 – Forward Guidance                 | 2013-8-7   | BoE εφαρμόζει Μελλοντική Καθοδήγηση (Forward Guidance) δηλώνοντας ότι το επιτόκιο δε θα αυξηθεί μέχρι η ανεργία να φτάσει στο 7%   |
| BoE                                 | 2014-ILTR                               | 2014-1-16  | Η BoE ανακοινώνει καινούργιες μακροπρόθεσμες συμφωνίες επαναγοράς (market-wide Indexed Long-term Repo – ILTR )   |
| <b>FEDERAL RESERVE SYSTEM (Fed)</b> |   |            |  |
| Fed                                 | QE1                                     | 2008-11-25 | Η Fed θα αγοράσει \$100 δις σε χρέος κοινωφελών ιδιωτικών εταιρειών (GSE χρέος) και \$500 δις σε αξιόγραφα από τιτλοποίηση ενυπόθηκων στεγαστικών δανείων (MBS χρέος)                      |
| Fed                                 | QE1                                     | 2008-12-01 | Ομιλία Bernanke: (Πρώτη) Πρόταση να επεκταθεί η Ποσοτική Χαλάρωση σε μακροπρόθεσμα χρεόγραφα δημοσίου  |
| Fed                                 | QE1                                     | 2008-12-16 | FOMC (Επιτροπή Κεφαλαιαγοράς) : (Πρώτη) Πρόταση να επεκταθεί η Ποσοτική Χαλάρωση σε Χαλάρωση σε μακροπρόθεσμα χρεόγραφα δημοσίου   |
| Fed                                 | QE1                                     | 2009-01-28 | Η Fed είναι έτοιμη να αγοράσει μακροπρόθεσμα χρεόγραφα δημοσίου  |
| Fed                                 | QE1                                     | 2009-03-18 | Η Fed θα αγοράσει \$300 δις μακροπρόθεσμα χρεόγραφα δημοσίου, επιπλέον \$100 δις σε GSE χρέος και \$750 δις σε MBS χρέος   |

|     |   |            |   |
|-----|---|------------|---|
| Fed | QE1   | 2009-08-12 | LSAPs (Αγορές Τίτλων σε Μεγάλη Κλίμακα) επιβραδύνονται: Όλες οι αγορές θα τελειώσουν τέλη Οκτωβρίου, όχι μέσα Σεπτεμβρίου   |
| Fed | QE1   | 2009-09-23 | LSAPs επιβραδύνονται.   |
| Fed | QE1   | 2009-11-04 | LSAPs μειώνονται σε μέγεθος   |
| Fed | <b>Ολοκλήρωση QE1</b>                       | 2010-08-10 | Σταθεροποίηση του ισολογισμού της Fed.  |
| Fed | QE2   | 2010-08-27 | Bernanke προτείνει επιπλέον QE «αν περαιτέρω (τέτοια δράση) αποδειχθεί αναγκαία»  |
| Fed | QE2   | 2010-09-21 | Η FOMC υπογραμμίζει τον χαμηλό πληθωρισμό, ο οποίος «είναι πιθανό να παραμείνει υποτονικός για κάποιο διάστημα πριν την άνοδο του σε επίπεδα τα οποία η επιτροπή θεωρεί συνεπή με τις αρμοδιότητές της»   |
| Fed | QE2   | 2010-10-15 | Ο Bernanke επαναλαμβάνει ότι η Fed είναι έτοιμη να επεκτείνει την πολιτική χαλάρωσης.   |
| Fed | QE2   | 2010-11-03 | Η Fed θα αγοράσει επιπλέον \$600 δις σε μακροπρόθεσμα χρεόγραφα δημοσίου  |
| Fed | <b>Ολοκλήρωση QE2</b>                       | 2011-06-22 | Ολοκλήρωση QE2  |
| Fed | Maturity Extension Program: OPERATION TWIST | 2011-09-21 | Maturity Extension Program (“Operation Twist”): Η Fed θα αγοράσει επιπλέον \$400 δις σε μακροπρόθεσμα χρεόγραφα δημοσίου (με εναπομείναντα 6 έως 30 χρόνια μέχρι τη λήξη) , ενώ θα πουλήσει το αντίστοιχο μέγεθος σε βραχυπρόθεσμα χρεόγραφα δημοσίου (με εναπομείναντα 3 χρόνια το μέγιστο ως τη λήξη) |
| Fed | Maturity Extension Program OPERATION TWIST  | 2012-06-20 | Η Fed επεκτείνει τις αγορές σε μακροπρόθεσμα χρεόγραφα δημοσίου/πώληση βραχυπρόθεσμων χρεογράφων δημοσίου. Οι αγορές/πωλήσεις θα συνεχίζονται με τον υπάρχοντα ρυθμό, περίπου \$45 δις/μήνα<br><br><b>(*Το πρόγραμμα Operation Twist ολοκληρώνεται στα τέλη του έτους)</b>                              |
| Fed | QE3   | 2012-09-13 | Η Fed θα αγοράσει \$40 δις αξιόγραφα από τιτλοποίηση ενυπόθηκων στεγαστικών δανείων (MBS) /μήνα   |
| Fed | QE3   | 2012-12-12 | Η Fed θα συνεχίσει να αγοράζει \$45 δις μακροπρόθεσμα χρεόγραφα δημοσίου/μήνα, χωρίς να πουλάει το αντίστοιχο μέγεθος σε βραχυπρόθεσμα χρεόγραφα δημοσίου   |
| Fed | 2013 – Ανακοίνωση από τη Fed                | 2013-5-1   | Η Fed ανακοινώνει ότι είναι έτοιμη να αυξήσει ή να μειώσει τον ρυθμό από τις αγορές της ανάλογα με τις αλλαγές στην αγορά εργασίας που θα σημειωθούν  |
| Fed | 2013 – Bernanke ομιλία                      | 2013-5-22  | Ο Bernanke επαναλαμβάνει στο Κογκρέσο ότι η Fed είναι έτοιμη να περιορίσει τις αγορές ομολόγων αν η οικονομία βελτιωθεί επαρκώς   |
| Fed | 2013- Bernanke ομιλία                       | 2013-6-19  | Ο Bernanke υπαινίσσεται ξανά ότι το QE3 φτάνει στο τέλος του  |

|                                |   |            |   |
|--------------------------------|---|------------|---|
| Fed                            | 2013 – FOMC statement                                 | 2013-12-18 | Η FOMC δηλώνει ότι ξεκινώντας από τον Ιανουάριο αρχίζει η φάση «tapering» (ο ισολογισμός της Fed συνεχίζει να αυξάνεται αλλά με πιο αργό ρυθμό) και μειώνει κατά \$10 δις τις μηνιαίες αγορές ομολόγων  |
| Fed                            | 2014  | 2014-6-18  | Η Fed ανακοινώνει ότι το QE3 θα πρέπει να ολοκληρωθεί μέχρι το τέλος του Οκτωβρίου 2014   |
| Fed                            | <b>Ολοκλήρωση QE3</b>                                 | 2014-10-29 | Η Fed ψηφίζει τη λήξη του προγράμματος αγοράς ομολόγων και ανακοινώνει ότι θα κρατήσει τα επιτόκια χαμηλά   |
| Fed                            | 2015  | 2015-12-15 | Η Fed ομόφωνα ψηφίζει για αύξηση του παρεμβατικού επιτοκίου σε 0.5% (για πρώτη φορά μέσα στο διάστημα μιας δεκαετίας)   |
| Fed                            | 2016  | 2016-3-16  | Η FOMC ψηφίζει να διατηρηθεί το παρεμβατικό επιτόκιο στο εύρος μεταξύ 25 και 50 μονάδων βάσης   |
| <b>BANK OF JAPAN<br/>(BoJ)</b> |   |            |   |
| BoJ                            | 2008<br>Special-Funds-Supplying<br>Operations (SFSOs) | 2008-12-2  | Η BoJ θα δανείσει απεριόριστα ποσά στις τράπεζες. Η BoJ θα λειτουργήσει ένα ταμείο (facility) μέχρι το τέλος του Απριλίου για να δανείσει απεριόριστα ποσά στις τράπεζες στο μη εξασφαλισμένο επιτόκιο μιας μέρας (uncollateralized overnight call rate) με εξασφάλιση εταιρικό χρέος (collateralized by corporate debt)  |
| BoJ                            | 2008  | 2008-12-19 | Η BoJ αυξάνει τις μηνιαίες αγορές κυβερνητικών ομολόγων (Japanese Government Bonds - JGB) σε ¥1.4 τρις/μήνα   |
| BoJ                            | 2009  | 2009-01-22 | Η BoJ θα αγοράσει μέχρι και ¥3 τρις σε εμπορικά γραμμάτια ( Commercial Paper - CP)  |
| BoJ                            | 2009  | 2009-02-19 | Η BoJ θα αγοράσει μέχρι και ¥1 τρις σε εταιρικά ομόλογα   |
| BoJ                            | 2009  | 2009-3-18  | Η BoJ αυξάνει τις μηνιαίες αγορές JGB σε ¥1.8 τρις/μήνα   |
| BoJ                            | 2009  | 2009-7-15  | Η BoJ επεκτείνει την ισχύ των υπαρχόντων προγραμμάτων μέχρι το τέλος του χρόνου (CP, εταιρικά ομόλογα and Special-Funds-Supplying Operations - SFSOs)   |
| BoJ                            | 2009  | 2009-10-30 | Οι αγορές (outright purchases) CP και εταιρικών ομολόγων θα λήξουν στο τέλος του 2009 όπως προγραμματίστηκε. Επέκταση σε SFSOs μέχρι το πρώτο τρίμηνο του 2010 (2010:Q1). Μετά τον Απρίλιο, επαρκής ρευστότητα θα δοθεί από χρηματοδοτήσεις με εξασφαλίσεις (supplying operations against pooled collateral) , των οποίων το αποδεκτό εύρος (του καταλόγου) θα διευρυνθεί (wider range of collateral) |
| BoJ                            | 2009  | 2009-12-1  | Η BoJ θα χορηγήσει ¥10 τρις σε 3-μηνα δάνεια  |

|     |  |            |  |
|-----|--|------------|--|
| BoJ | 2010   | 2010-3-17  | Η BoJ θα χορηγήσει επιπλέον ¥10 τρις σε 3-μηνα δάνεια. Επέκταση Ταμείου (Facility expansion) : Η BOJ επεκτείνει το μέγεθος από τις λειτουργίες σταθερού επιτοκίου (Fixed-Rate Operations – FROs) στα ¥20 τρις  |
| BoJ | 2010 - GSFF  | 2010-5-21  | Η BoJ θα δανείσει ¥3 τρις για προγράμματα ανάπτυξης/αναπτυξιακά έργα (growth projects)   |
| BoJ | 2010 - FROs  | 2010-8-30  | Η BoJ θα προσφέρει ¥10 τρις σε 6-μηνα δάνεια   |
| BoJ | Asset Purchase Program - APP   | 2010-10-5  | Η BoJ θα αγοράσει ¥5 τρις σε δημόσια και ιδιωτικά περιουσιακά στοιχεία   |
| BoJ | 2011   | 2011-3-14  | Η BoJ θα αγοράσει επιπλέον ¥5 τρις σε δημόσια και ιδιωτικά περιουσιακά στοιχεία  |
| BoJ | 2011 – GSFF expansion  | 2011-6-14  | Η BoJ θα δανείσει ¥500 για αγορές μετοχών (equity purchases)/χρηματοδότηση εξασφαλισμένων δανείων (asset-backed lending)   |
| BoJ | 2011   | 2011-8-4   | Η BoJ θα αγοράσει επιπλέον ¥5 τρις δημόσια και ιδιωτικά περιουσιακά στοιχεία κι επεκτείνει κατά ¥5 τρις τα 6-μηνα δάνεια   |
| BoJ | 2011   | 2011-10-27 | Η BoJ θα αγοράσει επιπλέον ¥5 τρις σε JGBs   |
| BoJ | 2012   | 2012-2-14  | Η BoJ θα αγοράσει επιπλέον ¥10 τρις σε JGBs  |
| BoJ | 2012 – GSFF expansion  | 2012-3-13  | Η BoJ θα δανείσει ¥1 τρις σε USD και επιπλέον ¥1 τρις σε JPY   |
| BoJ | 2012   | 2012-4-27  | Η BoJ θα αγοράσει επιπλέον ¥10 τρις σε JGBs και μειώνει τις λειτουργίες σταθερού επιτοκίου (FROs) κατά ¥5 τρις. Αύξηση στο συνολικό μέγεθος του Προγράμματος Αγοράς Τίτλων κατά περίπου ¥5 τρις  |
| BoJ | 2012   | 2012-7-12  | Η BoJ θα αγοράσει επιπλέον ¥5 τρις σε Έντοκα Γραμμάτια Δημοσίου (Treasury bills) και μειώνει FROs κατά περίπου ¥5 τρις   |
| BoJ | 2012   | 2012-9-19  | Η BoJ θα αγοράσει επιπλέον ¥10 τρις σε Treasury bills and JGBs   |
| BoJ | 2012 – APP expansion & SBLF introduction.<br><br>* Japanese government bonds (JGBs), exchange-traded funds (ETFs), Japan real estate investment trusts (J-REITs) | 2012-10-30 | Η BoJ θα αγοράσει επιπλέον ¥10 τρις σε δημόσιο χρέος (JGBs and T-Bills) και ¥1 τρις σε ιδιωτικά περιουσιακά στοιχεία (CP, εταιρικά ομόλογα, Διαπραγματεύσιμα Αμοιβαία Κεφάλαια - ETFs, Ιαπωνικών Εταιριών Επενδύσεων Ακίνητης Περιουσίας - J-REITs), όπως επίσης θα χρηματοδοτήσει μέχρι και το 100% την καθαρή αύξηση (net increase) συγκεκριμένων χρηματοπιστωτικών οργανισμών (depository institutions) (από την καθορισμένη ημερομηνία) στο δανεισμό του μη χρηματοοικονομικού τομέα |
| BoJ | 2012   | 2012-12-20 | Η BoJ θα αγοράσει επιπλέον ¥10 τρις σε Treasury bills (¥5 τρις) και JGBs (¥5 τρις)   |

|     |  |            |  |
|-----|--|------------|--|
| BoJ | 2013 – APP   | 2013-1-22  | Η BoJ, όσον αφορά τη σταθερότητα των τιμών θέτει το επίπεδο-στόχο στο 2% και ανακοινώνει ότι θα εισάγει μια νέα μέθοδο σχετικά με τις αγορών περιουσιακών στοιχείων (open-ended asset purchasing method) κάτω από το πρόγραμμα APP   |
| BoJ | 2013 – QQE (Quantitative Qualitative Easing)                               | 2013-4-4   | Η BoJ εισάγει το πρόγραμμα Ποσοτικής και Ποιοτικής Χαλάρωσης   |
| BoJ | 2014   | 2014-2-18  | Η BoJ θα αγοράσει JGBs έτσι ώστε το συνολικό τους ποσό να αυξάνεται με ετήσιο ρυθμό περίπου ¥50 τρις. Η BoJ θα αγοράσει ETFs και περιουσιακά στοιχεία από J-REITs έτσι ώστε το συνολικό τους ποσό να αυξάνεται με ετήσιο ρυθμό περίπου ¥1 τρις και περίπου ¥30 δις αντίστοιχα. Η BoJ αποφάσισε να διπλασιάσει το μέγεθος των προγραμμάτων: (α) «Fund-Provisioning Measure to Stimulate Bank Lending» ( «Stimulating Bank Lending Facility» - SBLF) και (β) «Fund-Provisioning Measure to Support Strengthening the Foundations for Economic Growth» («Growth-Supporting Funding Facility» - GSFF), και να επεκτείνει την περίοδο λειτουργίας αυτών των ταμείων κατά ένα έτος |
| BoJ | 2014 – Expansion of QQE program and acceleration of JGB purchases          | 2014-10-31 | Η BoJ επεκτείνει το QQE πρόγραμμα και επιταχύνει τις αγορές JGB σε ¥80 τρις (αύξηση κατά ¥30 τρις) ετησίως. Η BoJ θα αγοράσει ETFs και περιουσιακά στοιχεία από J-REITs, έτσι ώστε το συνολικό τους ποσό να αυξάνεται με ετήσιο ρυθμό περίπου ¥3 τρις (τριπλασιάζει συγκριτικά με το παρελθόν) και περίπου ¥90 δις (τριπλασιάζει συγκριτικά με το παρελθόν), αντίστοιχα  |
| BoJ | 2015   | 2015-1-21  | Η BoJ θα αγοράσει JGBs έτσι ώστε το συνολικό τους ποσό να αυξάνεται με ετήσιο ρυθμό περίπου ¥80 τρις. Η BoJ θα αγοράσει ETFs και περιουσιακά στοιχεία από J-REITs, έτσι ώστε το συνολικό τους ποσό να αυξάνεται με ετήσιο ρυθμό περίπου ¥3 τρις και περίπου ¥90 δις αντίστοιχα. Όσον αφορά τα GSFF and SBLF, η BoJ αυξάνει το μέγιστο ποσό για το GSFF's σε ¥2 τρις κι επεκτείνει αυτά τα μέτρα κατά ένα χρόνο   |
| BoJ | 2015 – JGB purchases, extension of purchased JGB's maturity, ETFs, J-REITs | 2015-12-18 | Η BoJ θα αγοράσει JGBs, έτσι ώστε το συνολικό τους ποσό να αυξάνεται με ετήσιο ρυθμό περίπου ¥80 τρις κι επεκτείνει το μέσο εναπομείναν διάστημα μέχρι τη λήξη για τις JGB αγορές σε 7-12 χρόνια ξεκινώντας από το 2016 . Η BoJ θα αγοράσει ETFs και J-REITs περιουσιακά στοιχεία, έτσι ώστε το συνολικό τους ποσό να αυξάνεται με ετήσιο ρυθμό περίπου ¥3 τρις και περίπου ¥90 δις αντίστοιχα   |



|   |   |           |  |
|---|---|-----------|--|
| BoJ   | 2016 – “Introduction of QQE with a Negative interest rate”, JGBs, ETFs, J-REITs | 2016-1-29 | Η BoJ εφαρμόζει αρνητικό επιτόκιο -0.1% σε ορισμένους τρέχοντες λογαριασμούς χρηματοπιστωτικών ιδρυμάτων/οργανισμών που διακρατούνται στην τράπεζα. Η BoJ θα αγοράσει JGBs, έτσι ώστε το συνολικό τους ποσό να αυξάνεται με ετήσιο ρυθμό περίπου ¥80 τρις. Η BoJ θα αγοράσει ETFs και J-REITs περιουσιακά στοιχεία, έτσι ώστε το συνολικό τους ποσό να αυξάνεται με ετήσιο ρυθμό περίπου ¥3 τρις και περίπου ¥90 δις αντίστοιχα    |
| BoJ   | 2016  | 2016-3-15 | Η BoJ θα αγοράσει JGBs, έτσι ώστε το συνολικό τους ποσό να αυξάνεται με ετήσιο ρυθμό περίπου ¥80 τρις. Η BoJ θα αγοράσει ETFs, έτσι ώστε το συνολικό τους ποσό να αυξάνεται με ετήσιο ρυθμό ¥3 τρις μέχρι τέλη του Μαρτίου 2016 και, από τον Απρίλιο, με ετήσιο ρυθμό περίπου ¥3.3 τρις. Η BoJ, επίσης, θα αγοράσει περιουσιακά στοιχεία από J-REITs, έτσι ώστε το συνολικό τους ποσό να αυξάνεται με ετήσιο ρυθμό περίπου ¥90 δις |
| BoJ   | 2016  | 2016-4-28 | Η BoJ θα αγοράσει JGBs, έτσι ώστε το συνολικό τους ποσό να αυξάνεται με ετήσιο ρυθμό περίπου ¥80 τρις. Η BoJ θα αγοράσει ETFs και J-REITs περιουσιακά στοιχεία, έτσι ώστε το συνολικό τους ποσό να αυξάνεται με ετήσιο ρυθμό περίπου ¥3,3 τρις και περίπου ¥90 δις αντίστοιχα  |
| <p>Σημείωση: Ο χρονικός ορίζοντας των πληροφοριών που παρουσιάζονται ακολουθεί την χρονική περίοδο που εξετάζει η έρευνα.</p> <p>€ : Euro , £ : Pound Sterling , \$ : US Dollar , ¥ : Yen</p> |   |           |  |

Πηγή: Fawley & Neely, (2013), Agostini et al., (2016) και Bank of Japan, *Ιδία κατασκευή*